

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



TRABAJO FIN DE GRADO

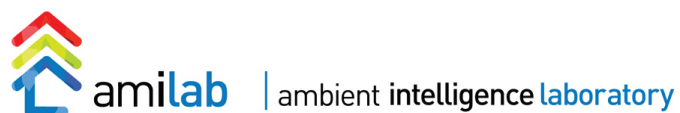
ASISTENCIA DE PERSONAS CON NECESIDADES ESPECIALES EN EL
ENTONRO LABORAL A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

Adalberto Plaza Jurado

Junio 2013

Tutores:

Javier Gómez Escribano
Germán Montoro Manrique



Resumen

La integración laboral es un reto diario para las personas en situación de discapacidad intelectual, en el que tienen que enfrentarse a tareas que estimulan sus habilidades y su aprendizaje. De entre las distintas destrezas que un individuo con estas características debe desarrollar, se encuentra la autonomía en el desempeño de sus funciones. Dicha autonomía se ve reforzada, entre otras tareas, por aquellas que requieran desplazamientos en exteriores.

Estos desplazamientos pueden ser mecánicos, es decir, ya aprendidos o pueden desarrollarse en un entorno desconocido, donde la orientación se convierte en una tarea no trivial en la que, si bien depende del grado de habilidad de la persona, se debe poner un mínimo de atención y, en algunos casos, necesitar cierta ayuda externa como un mapa, una pregunta a un transeúnte, etc. Este problema se magnifica cuando la persona sufre algún tipo de discapacidad mental. Dependiendo nuevamente de ese factor, la habilidad intelectual, puede plantear un reto mayor o menor para dicha persona en el que necesitará cierto grado de ayuda: desde necesitar continuamente ayuda para hacer el mismo recorrido, hasta una persona que, tras una etapa de aprendizaje o entrenamiento, pueda prescindir totalmente de ella.

Con las nuevas tecnologías de las que disponemos hoy día, se ha diseñado y desarrollado *AssisT-Out*, una herramienta que facilita a personas en situación de discapacidad intelectual asistencia en los desplazamientos para el desarrollo de sus tareas en el entorno laboral. Esto se realiza de forma personalizada y adaptada a sus necesidades a través de un teléfono inteligente o SmartPhone. Además, aprovechando la interactividad del dispositivo se ha desplegado una plataforma de comunicación entre el educador y el usuario para un total seguimiento y una mejor y satisfactoria adaptación del individuo con el entorno.

Palabras clave

Navegación en Exteriores, Discapacidad Intelectual, Orientación, Inteligencia Ambiental, Teléfono Inteligente.

Abstract

The labor integration is a daily challenge for people with mental impairment, in which they have to face different task for encourage their skills and learning. One of those abilities that the person needs to develop is the autonomy. With tasks that requires outer displacements they can improve it.

This travels could be routine tasks. However, what happens when people have to learn a new path? Wayfinding wont be as easy as well known paths. If the success of the route depends in personal skills, surely the person will need extra-help, like a map, ask to some pedestrian, etc. This task is an extra challenge for people with mental impairment. Depending on this factor, mental ability, could be such a considerable problem to resolve. Probably the person needs external assistance to overcome the route: from persistent help to complete the same path, to the person, who after getting some help in a training stage, won't need it anymore.

The new technologies nowadays have allowed us to design and develop *AssisT-Out*. A wayfinding tool adapted to people with mental retardation and their needs using on SmartPhones. This tool allow them to perform the routes needed for develop their work tasks. Beside it, we have developed an authoring tool, for user management and tracing. The whole system provides a learning and supervising application.

Keywords

Outdoor Navigation, Mental Impairment, Intellectual and cognitive Disabilities, Wayfinding, Ambient Intelligence, SmartPhone

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría dar las gracias al AMILab por ofrecerme la oportunidad de desarrollar junto a ellos este proyecto. Un proyecto que me ha permitido aprender mucho, no solo en aspectos relacionados con la informática, sino también en el sector de la asistencia a través de la tecnología a personas que lo necesitan.

Gracias a mis tutores: Javier Gómez y Germán Montoro por preocuparse y mirar activamente por sus tutorandos. Además, por escuchar mis ideas, algo que valoro mucho. A Javi, gracias también por ser compañero incluso desde Finlandia con esos *hangouts* de los martes.

También quiero agradecer a mis compañeros de carrera con los que he echado tantas horas de prácticas y de auto-tutorías pre-exámenes. Especialmente a dos que nunca han fallado: Juan Carlos y Santiago.

Doy las gracias a mi familia por todo el apoyo que me han dado siempre. En especial a mi madre, que siempre ha creído en mí aun habiendo sentado la cabeza en los estudios más bien tarde.

Por último, dar las gracias a Alba por animarme hace 4 años a intentarlo con la carrera. Sin ese pequeño empujón que me dio, no solo no estaría aquí, sino que no habría descubierto mi vocación por la ingeniería Informática. Gracias además por apoyarme durante todo este tiempo y por escucharme y aconsejarme cuando lo necesitaba.

Adalberto Plaza Jurado
2 de junio de 2013

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estructura de la memoria	3
2. Personas con necesidades especiales	5
2.1. Introducción	5
2.2. Discapacidad Intelectual	5
2.3. Grados y Necesidades Generales	6
2.4. Aportación del Proyecto	9
3. Estado del arte	11
3.1. Conclusiones	13
4. AssisT-Out	15
4.1. Introducción	15
4.2. Requisitos	16
4.2.1. Aplicación móvil	17
4.2.2. Herramienta de Autor	18
4.3. Descripción del sistema	20
4.3.1. Servidor	20
4.3.2. Cliente	24
4.3.3. Herramienta de Autor	29
4.4. Ejemplos de uso	33
4.4.1. Método de guiado	33
4.4.2. Herramienta de autor	34
4.4.3. Aplicación de móvil de guiado	36
5. Pruebas y resultados	39
5.1. Herramienta de autor	39
5.2. Herramienta de guiado	41
6. Conclusiones	45
7. Trabajo Futuro	47
Bibliografía	50
A. Log generado en el caso de prueba	51

Índice de Figuras

4.1. Google Navigation	16
4.2. Maqueta AssisT-Out, herramienta móvil	18
4.3. Maqueta AssisT-Out, herramienta web de autor	19
4.4. Arquitectura en la nube.	21
4.5. Arquitectura del cliente.	24
4.6. Pantallas de la aplicación móvil.	28
4.7. Pantalla de inicio y escritorio de la herramienta de autor.	30
4.8. Crear y borrar un usuario.	31
4.9. Panel de control de usuario y añadir un nuevo punto.	31
4.10. Lista y representación de rutas registradas.	32
4.11. Ruta sencilla con pasos intermedios.	34
4.12. Ejemplo de creación de punto de interés.	35
4.13. Ejemplo de usuario perdido.	36
4.14. Ejemplo de uso del usuario.	37
5.1. Ruta de prueba	42
5.2. Pasos intermedios de la prueba con la herramienta móvil de guiado. 1/2 . .	43
5.3. Pasos intermedios de la prueba con la herramienta móvil de guiado. 2/2 . .	44

Índice de Tablas

4.1. Diferencias entre sistema convencional y AssisT-Out	17
5.1. Pruebas de caja negra con la herramienta de autor.	40

1 | Introducción

1.1. Motivación

La integración y la no discriminación de todos los individuos en la sociedad, tal y como se conoce hoy día, debería ser uno de los pilares básicos para hacer de este mundo, no solo un mundo mejor, si no un mundo justo. No son pocos los colectivos y asociaciones que dedican todo su esfuerzo a conseguir este objetivo como última meta.

Como profesionales de las nuevas tecnologías, tenemos el deber moral de colaborar en esta causa. Este *Trabajo Fin de Grado (TFG)* pretende hacer uso de las nuevas tecnologías disponibles, centrándose en un objeto de uso cotidiano, como es el teléfono móvil inteligente, para servir de apoyo y ayuda al colectivo de personas con alguna deficiencia en la capacidad mental, en su independencia diaria a la hora de realizar desplazamientos autónomos en el entorno laboral, bajo la supervisión de su tutor.

En concreto, se ha diseñado y desplegado un sistema de ayuda en el guiado de exteriores para personas con Discapacidad Intelectual, valiéndose para ello de un terminal móvil con conexión a internet y una interfaz adaptada a sus necesidades, que permite al sujeto comprender y ser capaz de seguir las instrucciones dadas por la aplicación en forma de texto, sonido, vibración o imágenes, para poder orientarse y llevar a cabo los desplazamientos encomendados para la realización de sus tareas en el entorno del trabajo.

Paralelamente se ha desarrollado una plataforma web orientada al educador que le facilitará la tarea de realizar el seguimiento de las personas a su cargo: establecer sus puntos de interés, conocer en tiempo real dónde se encuentra, obtener registros gráficos de las rutas que solicita y recorridos que realiza, disponer de una alarma que puede ser activada por el usuario en cualquier momento, etc.

Asimismo, tanto en el diseño como en el desarrollo de las herramientas, se han tenido en cuenta colaboraciones previas del laboratorio [2, 6] con expertos en las necesidades del colectivo objetivo ya que, como bien apuntó Carmien en [4], es de vital importancia para el éxito de este tipo de proyectos que participen diferentes roles, involucrándose con el mayor esfuerzo posible en la adopción de soluciones para satisfacer las necesidades especiales de

los individuos. No solo técnicos y especialistas, sino también los propios usuarios finales que serán, al fin y al cabo, los que evaluarán y decidirán la utilidad de la herramienta.

1.2. Objetivos

El proyecto *AssisT-Out*, desarrollado en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental (AMILab) de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid, pretende estudiar las oportunidades que ofrecería una herramienta para el guiado al colectivo de personas con alguna deficiencia mental, pero para ello debe pasar por todo un proceso de diseño y desarrollo, además de pruebas intermedias y finales.

Para lograr esta meta u objetivo final han de establecerse unos objetivos previos que marcarán el rumbo y, en caso de cumplirse, la viabilidad del proyecto.

Fiabilidad del guiado: el guiado en exteriores supone el manejo de muchas variables externas, las cuales pueden ser de ayuda u obrar en el sentido contrario. El proyecto debe ofrecer un guiado fiable y seguro, valiéndose de dichas variables para proporcionar una ruta adecuada y en ningún caso errónea o confusa.

Proporcionar un guiado claro y entendible: tratándose de una aplicación orientada al colectivo de personas con discapacidad intelectual, se debe proporcionar un guiado ajustado lo máximo posible a sus necesidades en claridad y entendibilidad para la persona, no sirviendo nunca de distracción o estorbo para el usuario.

Tiempo adecuado: el uso de la herramienta debe suponer, no sólo que el individuo sea capaz de usarla como ayuda a la orientación, sino que lo haga en un tiempo adecuado. Este tiempo máximo se establecerá en las pruebas de implantación una vez obtenidos los resultados, pero a priori se establece un tiempo máximo de tres veces el tiempo que tardaría una persona sin discapacidad, apoyándose dicha medida en estudios anteriores realizados en el laboratorio [2].

Facilidad de uso: el uso de la herramienta debe ser muy intuitivo y adaptado a las necesidades especiales del usuario. Por ello, además de proporcionar una interfaz muy sencilla, se establecerán posibles configuraciones a medida que determinará el educador en cada caso particular.

Robustez: en cualquier proyecto software se debe contar con una robusted mínima. En este caso, en el que los usuarios no tienen porqué saber reaccionar en caso de error, la robusted del sistema es un aspecto muy importante a tener en cuenta.

No dependencia al sistema: la finalidad del sistema es la de servir de aprendizaje para la realización de rutas que se convertirán en cotidianas, pudiendo hacer uso de la herramienta de forma esporádica para recibir un refuerzo en el aprendizaje. No sería

conveniente que el usuario dependa de forma ilimitada del sistema, o que se haga necesario el uso del mismo para rutas aprendidas previamente.

1.3. Estructura de la memoria

- 2 Personas con necesidades especiales:** pequeña introducción a la Discapacidad Intelectual donde además, se explica de forma más amplia en qué consiste y qué limitaciones y necesidades especiales necesita el colectivo. Finalmente se habla de forma general sobre grados de discapacidad y necesidades así como sobre las aportaciones al campo que realiza *AssisT-Out*.
- 3 Estado del arte:** estudio sobre la literatura asociada al campo al que compete este TFG, así como la influencia de la misma y la motivación para el desarrollo del proyecto.
- 4 AssisT-Out:** parte central en la que se explica en qué consiste la herramienta creada. Se habla sobre los requisitos y arquitectura, así como sobre su funcionamiento, ilustrándolo con unos sencillos ejemplos.
- 5 Pruebas y resultados:** se han realizado pruebas a nivel de funcionamiento de la herramienta en su conjunto y por separado en sus partes: herramienta de autor y aplicación móvil. En este apartado quedan documentadas las pruebas finales.
- 6 Conclusiones:** conclusiones sacadas finalmente tras el desarrollo de *AssisT-Out* y tras la documentación generada.
- 7 Trabajo futuro:** módulos o propuestas para la continuación del proyecto que no han sido estudiadas y desarrolladas aún, pero complementarían la herramienta y ampliarían su utilidad.

2 | Personas con necesidades especiales

2.1. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud ¹ en su Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM), publicada en 1980, una discapacidad “es toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano.”

Este proyecto se centra en servir de ayuda a personas con Discapacidad Intelectual o Cognitiva. Por ello, es necesario hacer una pequeña introducción y hablar de sus necesidades para lograr entender el propósito del proyecto, así como involucrarse en las propuestas para una mejor calidad de vida e integración hacia las personas que sufren estos trastornos.

2.2. Discapacidad Intelectual

Según la *American Association on Intellectual and Developmental Disabilities* ²: “Es una discapacidad caracterizada por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa que se manifiesta en habilidades adaptativas conceptuales, sociales, y prácticas”.

La Discapacidad Intelectual está asociada a cada momento y relación entre el individuo y el entorno. Por tanto, la deficiencia se hará manifiesta de formas diferentes dependiendo de la propia persona y de las barreras u obstáculos que en ese momento presente el entorno.

Cabe destacar que la Discapacidad Intelectual no es una enfermedad mental, sino una faceta que afecta generalmente de forma permanente a la persona y tiene un impacto social importante en la vida tanto propia como de los que le rodean. Esta discapacidad además, se puede originar en el individuo antes de nacer (pre-natal), durante el parto (peri-natal) o después del parto (post-natal). Pero siempre se origina antes del desarrollo cognitivo total de la persona, por ello se establece una edad tope antes de la cual se desarrolla como los 18 años.

La manifestación más evidente en la Discapacidad Intelectual es la dificultad de desa-

¹<http://www.who.int/topics/disabilities/es>

²<http://www.aaidd.org>

rollo del individuo como persona, tal y como lo haría un individuo que no presente este trastorno. Es por ello, que suele referirse a esta discapacidad como *Discapacidad del Desarrollo*. Siendo un término que engloba a otras discapacidades como el autismo o la parálisis cerebral, pero que están fuertemente ligadas con la Discapacidad Intelectual. Son, como ya se ha descrito anteriormente, discapacidades que se originan en el desarrollo, generando limitaciones relevantes de la vida tales como: limitaciones en el lenguaje, limitaciones en la movilidad, limitaciones en el aprendizaje, limitaciones en el autocuidado y limitaciones en la vida independiente.

El número de población afectada por este tipo de discapacidad no es nada desdeñable, 2,8 % según el Instituto Nacional de Estadística ³ (INE), teniendo como cualquier otro ser humano, capacidades y gustos particulares, actitudes y necesidades. Estos sentimientos se satisfacen con un tipo específico de apoyo hacia la necesidad demandada que puede ser un apoyo permanente, un apoyo intermitente o un apoyo limitado, atendiendo al grado de dependencia de la persona. Siendo el caso ideal el individuo que, una vez aprendida la tarea no necesita de más apoyo; y el caso opuesto, el del individuo que necesita un apoyo constante para la realización de la misma. En el apartado 2.4 se explica más detalladamente cómo el proyecto presentado se adapta a cualquiera de los tipos de apoyo presentados.

2.3. Grados y Necesidades Generales

Llegados a este punto, es necesario hablar sobre los grados de deficiencia de forma general para poder hacer un primera aproximación hacia la personalización y la forma en la que diferentes sujetos harán uso de la herramienta. Esta clasificación, a priori apoyada únicamente en el nivel de inteligencia, es necesario obtenerla con una batería de pruebas que determinarán el Cociente Intelectual (C.I). Sin embargo, lo importante no radica en la categorización del sujeto, si no en las potencialidades que presenta.

Tal y como comenta Stefanini en [15] existe una clasificación psicopedagógica de la DI según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S). Esta clasificación consta de 5 categorías que enmarcan al individuo según su Cociente Intelectual y determina las destrezas del mismo.

Discapacidad Intelectual límite C.I. entre 68-85. Estas personas se encuentran en el límite intelectual y presentan pequeños retrasos en el aprendizaje o ciertas dificultades concretas. Por ello, a veces, es difícil catalogarlos como Discapacitados Intelectuales.

³<http://www.ine.es/revistas/cifraine/1009.pdf>

Discapacidad Intelectual ligera C.I. entre 52-68. Son capaces de desarrollar habilidades sociales y comunicativas, con capacidad de integrarse en el entorno laboral. Pueden presentar limitaciones mínimas en las áreas perceptivas y motoras.

Discapacidad Intelectual moderada o media C.I. entre 36-51. Aunque son capaces de adquirir hábitos de autonomía personal y social, presentan bastantes dificultades en la expresión oral y en la comprensión del entorno.

Discapacidad Intelectual severa C.I. 20-35. Generalmente necesitan protección o ayuda continua ya que su nivel de autonomía es muy pobre. Suelen presentar un importante deterioro psicomotor.

Discapacidad Intelectual profunda C.I. inferior a 20. Presentan un grave deterioro en los aspectos sensorio-motrices y de comunicación con el medio.

A priori, sin valorar las destrezas personales de cada individuo y habiendo establecido unas destrezas mínimas, para beneficiarse de *AssisT-Out*, el usuario debe pertenecer al menos al tercer grupo en la clasificación por Cociente Intelectual: entre 36-51. Según lo definido, son capaces, aunque con una dificultad notable de adquirir hábitos de autonomía y sociales. Sin embargo, si se quieren aumentar las probabilidades de éxito en el aprendizaje con la herramienta, sería más óptimo que el usuario pertenezca, al menos, al segundo grupo: C.I. entre 52-68. Este presenta mayor facilidad para adaptarse al entorno y desarrollar y aprender conductas autónomas, presentando menos problemas de comprensión que el anterior mencionado.

Para determinar qué parte del colectivo puede beneficiarse de este proyecto, o qué individuos presentan potencial para hacer uso de la herramienta, es necesaria, pero no suficiente, la clasificación arriba mencionada. Se debe realizar además, un estudio personalizado sobre cada persona por parte del personal especializado. Estableciendo siempre un mínimo de independencia y destreza requerido para poder usar o servirse del proyecto *AssisT-Out*.

A la hora de establecer dicha cota inferior, que se ha de igualar o superar necesariamente para el uso de la aplicación, hay que establecer unos puntos claves para su determinación:

- Independencia del individuo

La primera pregunta que se debe plantear para establecer si el usuario es idóneo, o al menos posee unas capacidades mínimas para poder usar y beneficiarse de las ventajas de usar *AssisT-Out* es: ¿Qué grado de independencia posee? Resulta evidente que si la persona con la que se desea usar la herramienta no es capaz de mantener cierta independencia, en este caso para desplazarse de un lugar a otro, carece de sentido el uso por parte de la misma de la herramienta. Estableciendo un primer

punto necesario que se debe cumplir. La persona que use *AssisT-Out* debe ser independiente en el sentido de ser capaz de realizar desplazamientos por sí mismo, en entornos más o menos conocidos, valiéndose de su propia orientación o de cierta ayuda externa, ya sean instrucciones precisas, un mapa adaptado, etc.

Es posible establecer este mínimo requerido con otro baremo haciendo un uso de la aplicación que difiere ligeramente del principal. En este segundo plano, pero no por ello menos útil, se podría hacer un uso simplemente pedagógico para desarrollar el sentido de la orientación. Imaginemos un grupo de scouts, *Los Castores*, que van de acampada con sus compañeros y monitores. Entre todas las actividades que realicen al aire libre, una de ellas será de orientación con brújulas y/o mapas junto con sus compañeros y/o monitores. El juego se planteará de forma divertida como la búsqueda de un tesoro, pero es una actividad muy didáctica que desarrolla las destreza en orientación de *Los Castores*. De igual manera, se pueden realizar actividades similares con personas discapacitadas para que desarrollen las capacidades, en este caso no solo de orientación si no también de relación con el entorno del que la persona puede carecer. En este segundo caso, la independencia de la persona no es necesariamente elevada ya que puede ser acompañada en el *juego de orientación* de monitores que irán ayudando según lo necesite en la tarea.

Por ello, queda claramente definido este aspecto: si el uso es individual la persona debe ser capaz de realizar desplazamiento y valerse de una ayuda externa por sí misma, si por el contrario el uso es junto con cuidadores queda a decisión de los mismos el determinar si la persona será capaz de aprovechar la herramienta.

- Capacidad para entender indicaciones e instrucciones

La comunicación de *AssisT-Out* con el usuario es a través de indicaciones e instrucciones adaptadas en forma de imagen, texto, una barra de progreso y alertas (sonido y/o vibración). Si bien esta interfaz puede ser personalizable a las necesidades específicas de la persona, habilitando o deshabilitando ciertos aspectos, es necesario que el usuario sea, al menos, capaz de asimilar instrucciones escritas tales como “gira a la derecha”, “continúa recto”, etc. y servirse de la ayuda de imágenes reales para autolocalizarse en el entorno o determinar cuál es el siguiente punto a alcanzar. A partir de esta base se añaden otras interacciones con el usuario, que para un resultado óptimo debería ser capaz de asimilar y entender, aunque como se ha comentado anteriormente, pueden ser prescindibles o adaptarse a las necesidades especiales del usuario: Por ejemplo, que el usuario no tolere una alerta de sonido por ser un factor que le genere rechazo.

- Capacidad básica para el manejo del un SmartPhone

Resulta evidente que, para el uso de una herramienta en un terminal inteligente, es

necesario ser capaz de desenvolverse con el. En este caso, la aplicación está diseñada para dispositivos Android y la interfaz ha sido totalmente adaptada a las necesidades especiales de una persona discapacitada para que la navegación no resulte un impedimento a la hora de hacer uso de la misma, con lo que se han reducido al mínimo las habilidades que la persona debe poseer para hacer uso de la herramienta. De forma paralela, la aplicación se encuentra dentro de un terminal con un entorno móvil amplio y propio, con lo que el simple uso de la aplicación no es suficiente, sino que la persona debe saber desenvolverse con el terminal para llevar acciones a cabo como entrar y salir de la aplicación que, una vez configurada inicialmente por los educadores, queda totalmente adaptada a la persona y será desde ese momento gestionada de forma remota.

2.4. Aportación del Proyecto

En el Laboratorio de Inteligencia Ambiental (AMILab), en el que se desarrolla este proyecto, existen trabajos previos y en desarrollo en el ámbito de la asistencia a través de la tecnología. Estos trabajos están enfocados a facilitar la adaptación e integración de personas en situación de discapacidad en el entorno laboral. En primer lugar aQRdate [6], que a través de manuales adaptativos facilita el desarrollo de tareas con cierta complejidad mediante pasos. Y en segundo lugar QRumbs [2], que facilita la navegación por interiores mediante la colocación de códigos QR ⁴ en puntos estratégicos y el posterior escaneo de estos con el dispositivo móvil. Sin embargo, el desempeño de la actividad para un puesto de trabajo puede requerir de desplazamientos en exteriores, además de la realización de una tarea y el desplazamiento por el lugar de trabajo.

El principal objetivo de *AssitOut* es el de servir de ayuda en la orientación en exteriores y desplazamientos a personas que así lo requieran. El concepto principal radica en la posibilidad que proporciona de realizar una tarea de mayor complejidad y duración, gracias a su atomización. Esta atomización es muy útil para personas en situación de discapacidad intelectual, permitiéndoles centrarse en una pequeña parte del problema para, poco a poco ir completando el recorrido en su totalidad gracias a los hitos intermedios. Cumpliendo este objetivo se pretende ayudar a la integración social e independencia de las personas afectadas por una Discapacidad Intelectual. Dicha aportación se puede clasificar en tres tipos atendiendo a la necesidad y a la independencia de la persona.

En el mejor de los casos, la herramienta aportará una ayuda en el aprendizaje de las rutas limitada en el tiempo, es decir, el usuario hará uso de la herramienta para ser capaz de llevar a cabo una ruta con ayuda externa, y tras las repeticiones necesarias y que el

⁴QR Code es una marca registrada de DENSO WAVE INCORPORATED

educador determine suficientes, se retirará el uso de la misma, siendo el usuario capaz de realizar la ruta preestablecida por sí solo. Adicionalmente utilizará la herramienta para la realización de otras rutas no conocidas, llegando a asimilarlas de igual forma.

En el caso intermedio, el usuario de la aplicación necesitará un apoyo intermitente de la misma, es decir, será capaz de asimilar las rutas tras un proceso de aprendizaje como en el primer caso, sin embargo tras un cierto periodo será necesario volver a reaprender las mismas rutas total o parcialmente utilizando de nuevo la ayuda de la herramienta móvil. Este proceso de reaprendizaje será un refuerzo de lo ya aprendido anteriormente pues no se partirá de cero nuevamente como es el tercer caso.

En el tercer y peor de los casos, la persona será capaz de usar la aplicación a modo de ayuda para la realización de rutas pero no será capaz de asimilarlas de forma permanente en el tiempo por lo que requerirá del uso de la aplicación, si no en todos, en un porcentaje muy elevado de los desplazamientos. Empezando cada ruta prácticamente de cero debido a que la retención de los desplazamientos previos es prácticamente nula.

Por otra parte, el proyecto aporta no sólo a los discapacitados, si no también a sus educadores ya que incluye una herramienta de autor para un completo seguimiento de todos los usuarios. Esta herramienta se presenta en forma de plataforma web y permite, entre otras cosas, llevar a cabo acciones básicas para el apoyo prestado tales como configuración remota, localización en tiempo real de los usuarios, logs de rutas, establecimiento de puntos de interés, recepción de alertas, etc. Permitiendo la total supervisión de los usuarios de forma remota.

3 | Estado del arte

Las Tecnologías para la Asistencia (Assistive Technologies, AT) proporcionan una ayuda extra a personas en situación de discapacidad, valiéndose de elementos tecnológicos tales como dispositivos y sistemas especializados, instrumentos adaptados o aplicaciones software. En [14] se puede encontrar un estudio sobre los beneficios de las AT, haciendo especial hincapié en cómo estas mejoran la vida de las personas, debiendo hacer previamente una exhaustiva evaluación sobre las necesidades especiales que presentan y las experiencias previas en el campo específico en el que se esté trabajando.

Estas tecnologías son clasificables según su complejidad: desde baja tecnología (que hacen uso de herramientas básicas para facilitar una labor), hasta soluciones de alta tecnología (que apoyándose en el boom tecnológico, aprovechan los últimos avances de este).

Centrándose en la utilidad de las AT de alta tecnología, en Carmien et al. [3] se plantea una comparativa entre dos grupos de trabajo que presentan discapacidad intelectual, uno con ayuda tradicional (educadores) y otro en el que cuentan con AT. Finalmente, se presentan los beneficios de trabajar con nuevas tecnologías, que sirvan de apoyo en el desempeño de labores que llevan a cabo los educadores en la ayuda al colectivo de personas en situación de discapacidad intelectual, así como en la mejora de su calidad de vida e independencia.

La capacidad de una persona de realizar desplazamientos de forma autónoma determina en cierto modo su independencia en la vida y en su entorno. Esta capacidad viene determinada por diferentes factores humanos y psicológicos que determinan el éxito y la efectividad con la que el individuo es capaz de desplazarse. Montello y Sas [10] hablan sobre estos factores, que pueden verse alterados por afecciones mentales.

La posibilidad además, de estar localizado continuamente y de forma precisa, en este caso gracias a la localización por satélite (GPS), abre un amplio abanico en lo que a orientación se refiere, como discuten Anacleto et al. en [1]. Aunque aún existen limitaciones importantes en lugares donde la precisión del GPS no se ajusta a los valores deseados, esta tecnología es cada vez más usada en aplicaciones que hacen uso de la geolocalización aunque no sea su cometido principal (p.e: redes sociales).

En cuanto al campo de las AT, se pueden encontrar diversos artículos que hacen uso de esta tecnología para realizar estudios sobre el impacto de ciertos aspectos de guiado para gente en situación de discapacidad, entre ellos: [11] en el que los autores presentan un sistema basado en localización (LBS), que frente a sistemas convencionales que se centran en la tecnología, estudian las ventajas de usar un modelo centrado en el usuario, mejorando la experiencia del usuario con el sistema. J. Sánchez et al. [13] realizan un proyecto de guiado en exteriores llamado GAP (GNOME Accessibility Project), con el que, a través de la tecnología GPS e instrucciones auditivas pretenden conseguir un alto grado de inserción social para personas invidentes. Como último ejemplo, Alan L. Liu et al. realizan un estudio en [9], centrándose en el diseño y evaluación de un sistema de guiado, y en el impacto de cara a los usuarios de instrucciones basadas en señalización e instrucciones basadas en direcciones.

Diferentes métodos de guiado han sido estudiados y discutidos en la literatura reciente sobre el tema, destacando en algunos casos la importancia de escogerlos cuidadosamente para asegurar el éxito de la herramienta de AT o del estudio que se esté realizando. En [8], los autores realizan un estudio en el que comparan diferentes pautas de guiado, cambiando el tipo de instrucciones que proporcionan a los usuarios con discapacidad intelectual. De este estudio se sacan conclusiones acerca de los errores que inducen en el colectivo algunas instrucciones, por el contrario comunes en personas que no la sufren, como son por ejemplo, los puntos cardinales o las distancias. En otros trabajos se centran en la forma en la que las indicaciones deben ser presentadas al usuario para lograr el mejor entendimiento posible. Fickas et al [5], a través de un estudio hablan sobre las ventajas e inconvenientes de diferentes presentaciones posibles a la hora de realizar una ruta: (1) vista aérea, (2) imagen a pie de calle, (3) indicaciones sólo por audio y (4) indicaciones sólo por texto. En el cual la mayoría de los participantes, no sólo se desenvuelven mejor con instrucciones audibles, si no que las preferían frente a las demás.

Tan importante como el método de guiado en estos casos es la ruta escogida. Tradicionalmente tal y como apuntan Kai-Florian et al. en [12], se escoge la ruta mediante algoritmos de grafos de *el camino más corto* o *el camino más rápido*. Sin embargo en el caso de generación de rutas para este colectivo, existen factores más importantes que los nombrados, como puede ser por ejemplo, la complejidad o el número de decisiones intermedias a tomar. En el artículo presentan un algoritmo para generar una ruta con las “instrucciones más simples”.

El analizar los resultados facilitados por la herramienta por parte de los educadores es una parte del proyecto tan importante como la propia adaptación del guiado hacia el colectivo, tal y como destaca Hidalgo et al. en [7], en el que establece un entorno de

aprendizaje automático, que valiéndose de los informes de salida aportados por el sistema, realiza recomendaciones para la realización de tareas futuras adaptándolas a lo aprendido sobre el paciente con discapacidad cognitiva.

3.1. Conclusiones

En este punto podemos enmarcar *AssisT-Out* como una herramienta AT de alta tecnología, apoyando a personas con discapacidad intelectual y dando soporte a los educadores, lo cual propicia un entorno de aprendizaje óptimo.

Para realizar la herramienta de guiado, tarea que depende de varios factores de la naturaleza humana, es muy importante la realización de un estudio previo de las necesidades especiales del colectivo. Esto permite una mejor adaptación y aumenta las opciones de éxito de la herramienta. Estos factores serán además, estudiados por los cuidadores para una mejor adaptación al usuario.

Habiendo estudiado literatura afín a los sistemas de guiado, se sacan en claro aspectos clave a la hora de desarrollar el proyecto. Aspectos como la importancia hacer un diseño basado en usuario, ya que permite enfrentarse al problema desde el punto de vista del usuario final, así como de resolver las necesidades reales del mismo. Otro punto clave con el que ya se cuenta, es el estudio previo en los artículos de modos de presentación de las instrucciones. Se ha comprobado la eficacia de usar instrucciones visuales, pilar principal en el que se apoya el proyecto al mostrar imágenes a pie de calle. Por otra parte también se habla sobre el éxito de usar instrucciones audibles, sin embargo, en una primera versión del proyecto no se hace uso de ellas, aunque no quedan descartadas, debido a la intención de estudiar el impacto directo de las imágenes a pie de calle como fuente principal de información. Únicamente se hace uso de señales sonoras a modo de aviso o alerta.

En cuanto a la selección de la ruta, resulta imposible implementar algoritmos propios o ya estudiados, aun sabiéndose de su eficacia. Esto es debido a que el entorno en el que se presenta la aplicación es demasiado abierto para afrontarlo frontalmente. Se hace uso entonces, de herramientas externas, *Google Maps* y *Bing Maps*, que proporcionan una ruta fiable y relativamente sencilla para presentar al usuario.

Por último, debido a la importancia de analizar los resultados generados por parte de la herramienta se proporciona una herramienta de autor, que además de permitir la gestión de los usuarios, recoge información sobre estos, permitiendo al educador saber su posición exacta, así como mostrando un conjunto de registros en forma de ruta en un mapa de los desplazamientos realizados.

4 | AssisT-Out

4.1. Introducción

El mercado de las aplicaciones móviles, y más específicamente las que utilizan geo-localización, está experimentando un boom gracias a dos factores principales: primero gracias a que existe una comunidad de programadores cada vez más amplia que deciden poner sus esfuerzos, apostando por las nuevas plataformas y segundo porque el avance tecnológico en el sector está siendo notablemente acelerado. Los *smartphones* son utilizados hoy día para multitud de tareas: desde comunicarse, a priori su cometido principal, hasta ser una agenda personal o colaborativa, jugar, leer noticias, consultar previsiones meteorológicas, navegación, etc. Este nuevo mundo tecnológico abre un amplio abanico de nuevas posibilidades a gente con algún tipo de dependencia, ya sea leve a moderada, incluso abre una puerta a la integración de este colectivo al igual que años atrás lo hizo internet.

AssisT-Out nace como un proyecto de apoyo a personas con discapacidad para proporcionar una total integración de las mismas en la sociedad a través de su incorporación al mercado laboral, complementando a otros proyectos *Assist* existentes, en los cuales se guía al colectivo en otro tipo de áreas de carácter laboral y cotidiano.

El pilar del proyecto, como se ha dejado ver anteriormente, es el guiado en exteriores. Pero, ¿qué aporta que no haga un sistema basado en GPS convencional? Para responder a esta pregunta se ha de describir primero uno de estos sistemas comerciales.

En el mercado existe una amplia gama de navegadores, desde dispositivos preparados para ello hasta aplicaciones móviles, y desde sistemas muy avanzados hasta sistemas simples pensados para usuarios con un nivel técnico básico. Partiendo de esta clasificación, es entendible que los sistemas avanzados quedan fuera del alcance de la propuesta.

Hablando de forma general, estos sistemas están orientados a la gestión de rutas en coche mostrando las instrucciones a través de un mapa plano o interactivo. Así, este tipo de sistemas quedarían también descartados para el propósito del proyecto. Sin embargo, la última tendencia es adaptar estos sistemas, sobre todo móviles, a versiones a pie para transeúntes, siendo quizá la variante que más se asemeja al propósito de *AssisT-Out*. En la figura 4.1 se puede observar *Google Navigation* en su versión móvil y cómo empieza a dar la posibilidad de calcular rutas a pie (en versión beta).

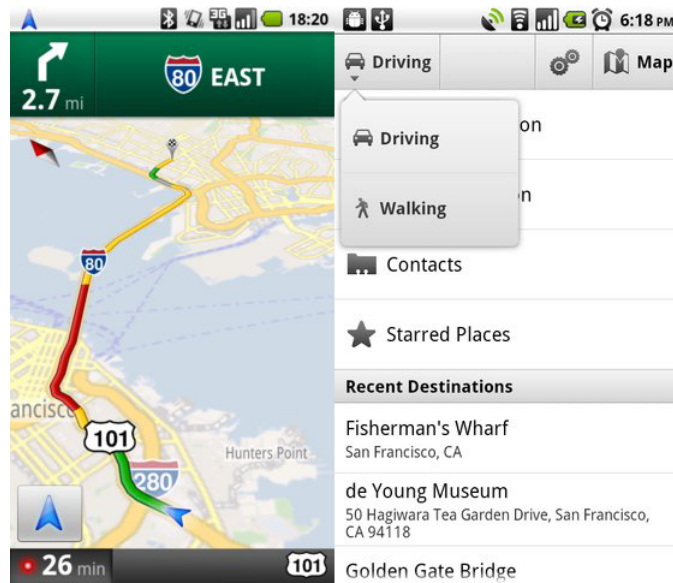


Figura 4.1: Google Navigation

El problema principal de un sistema convencional, aunque adaptado a rutas en modo peatón, es la complejidad relativa de uso y la poca adaptación a diferentes tipos de usuarios, teniendo una versión única enfocada a un público general con la que, incluso un pequeño porcentaje de esos usuarios no es capaz de desenvolverse correctamente con la herramienta. Además, la orientación es, en la mayoría de los casos, a través de mapas o vistas satélite que deben ser interpretadas por el usuario. Por lo que el público objetivo del proyecto queda prácticamente en su totalidad fuera de las posibilidades de uso de una de estas herramientas debido a la complejidad de los mapas e instrucciones. En la tabla 4.1 se pueden observar los puntos clave de *AssitOut* y sus diferencias con un sistema convencional. Estos detalles serán descritos más a fondo en la sección de requisitos 4.2

Además, *AssisT-Out* proporciona una herramienta de autor, que hace de intermediaria entre la persona dependiente y el educador. No siendo única y exclusivamente un sistema vago, dependiente de la persona que lo usa, si no más bien una herramienta inteligente, interactiva y configurable que mediará entre usuario y educador facilitando la adaptación, el aprendizaje y la asimilación de las rutas. Permitiendo, además, recoger un *feedback* de uso de la herramienta muy valioso para evaluar, y posteriormente si es necesario, reajustar el desarrollo del aprendizaje.

4.2. Requisitos

A continuación se enumeran los requisitos de la aplicación móvil y de la herramienta de autor. Estos requisitos son los establecidos inicialmente para el desarrollo de la herra-

Sistema convecional	AssisT-Out
Selección del destino mediante escritura en un campo de texto o destinos recientes.	Selección del destino mediante una lista preestablecida por el educador.
Visionado de la ruta en el mapa.	Visionado de la ruta en imágenes de hitos intermedios.
Realización de la ruta completa	Realización de la ruta por partes, permitiendo centrarse en ellas.
Instrucciones en texto genéricas.	Instrucciones en texto adaptadas.
Progreso visible en el mapa.	Progreso visible mediante una barra de progreso por hito.
Sistema pasivo que solo ofrece información.	Sistema activo que no solo ofrece la información si no que monitoriza el comportamiento del usuario y le ayuda en su ruta.
-	Aviso por sonido y vibración al alcanzar un punto y nueva instrucción.
-	Botón del pánico para contactar con el educador.
-	Localización en tiempo real disponible para el educador.

Cuadro 4.1: Diferencias entre sistema convencional y AssisT-Out

mienta. Las figuras 4.2 y 4.3 muestran una maqueta de la herramienta de guiado y de la de autor respectivamente.

4.2.1. Aplicación móvil

Localización GPS: el usuario permanece localizado por GPS durante todo el uso de la aplicación. Mostrando dicha ubicación al educador, así como almacenando la precisión puntual y promedio del GPS en las rutas.

Conexión con la herramienta de autor: la primera vez que la aplicación se inicia se debe conectar con la herramienta de autor, para a posteriori permitir su total configuración a través de la misma.

Selección de puntos de interés: la pantalla principal muestra una lista de destinos fija, preestablecidos por el educador como puntos de interés para el usuario.

Hitos intermedios: la ruta se separa en hitos intermedios, mostrándolos al usuario para su realización paso por paso.

Instrucciones de guiado: la aplicación indica el guiado a través de instrucciones claras y concisas al usuario. Dichas instrucciones se presentan a través de fotos reales,

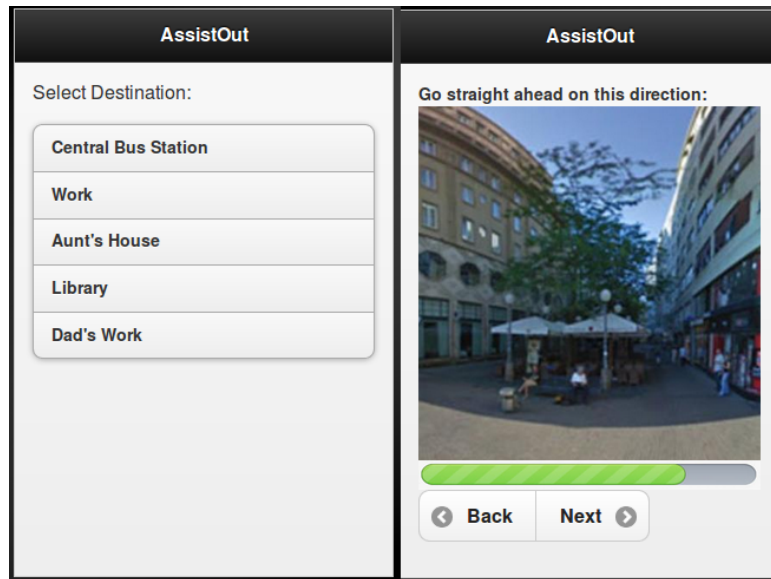


Figura 4.2: Maqueta AssisT-Out, herramienta móvil

instrucciones escritas, barra de progreso entre hitos en el camino y botón de paso siguiente y paso previo.

Instrucciones adaptables: además existen de alertas al usuario que son configurables, habilitándolas o deshabilitándolas. Alerta por sonido y vibración.

Barra de progreso: la aplicación muestra una barra de progreso que ilustra el porcentaje recorrido de cada hito.

Botón del pánico: la aplicación cuenta con un botón denominado *botón del pánico*, que está siempre disponible para que el usuario pueda solicitar ayuda. Estableciendo contacto entre usuario y educador, enviando además su posición GPS a este último.

Seguridad de autenticación: la aplicación dispone de un método de autenticación para usuarios. El usuario es configurado la primera vez que se inicia la aplicación o desde el menú de preferencias.

Idioma inglés y español: los idiomas que soporta la aplicación son el inglés y el español.

4.2.2. Herramienta de Autor

Plataforma web interactiva: la herramienta corre sobre una plataforma web interactiva que será la encargada de gestionar todos los perfiles y configuraciones.

Login de educadores: cada educador entra al portal identificándose con nombre único y clave.

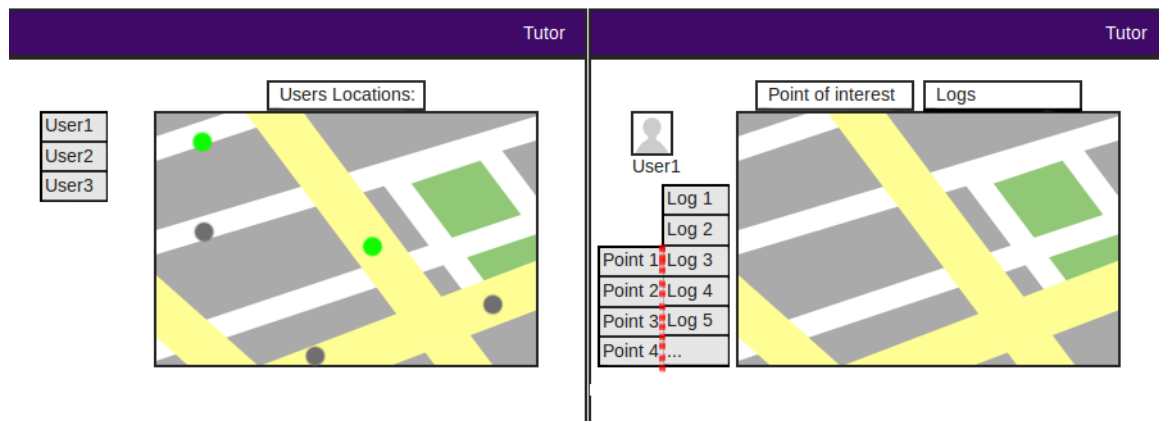


Figura 4.3: Maqueta AssisT-Out, herramienta web de autor

Gestión de usuarios: los educadores cuentan con las opciones de añadir, gestionar y eliminar usuarios. Siendo los encargados del seguimiento de estos durante todo el proceso de aprendizaje. La información asociada a cada usuario es: nombre de usuario, dirección, género y fecha de nacimiento.

Puntos de interés de usuarios: existe la posibilidad de gestionar además, los puntos de interés de cada usuario. Pudiendo añadir, modificar y eliminar puntos de interés. Estos puntos aparecen sobre un mapa con la siguiente información: Dirección, nombre a mostrar al usuario y foto del punto, obtenida de *StreetView* o subida por el educador.

Localización en tiempo real del usuario: la plataforma cuenta con un mapa de localización de los usuarios en tiempo real. En dicho mapa aparecen los usuarios conectados como un punto verde, además de la dirección precisa donde se encuentran. Con un punto gris la última localización conocida de los usuarios que no están conectados en el momento de la consulta.

Recepción de alertas: cada educador recibe por email una alerta cuando el usuario pulsa el botón del pánico. Dicho email contiene el nombre de usuario que produjo la alerta así como la localización exacta del mismo y un link al mapa.

Visionado de rutas de usuario: la herramienta de autor cuenta con un apartado que guarda registros sobre las rutas que los usuarios han realizado y los pinta sobre un mapa, mostrando la ruta sugerida por la herramienta y la seguida por el usuario. En estos registros se guarda además, información relativa al tiempo transcurrido y a la precisión del GPS en cada momento.

Idioma inglés: el idioma predefinido de la aplicación es el inglés.

4.3. Descripción del sistema

Si bien la arquitectura de *AssiT-Out* no está alojada en su totalidad en servidores de internet, el grueso de la herramienta sí es remoto. Por lo que se puede hablar de un sistema de trabajo en la nube, que permite a usuarios y educadores gestionar y hacer uso de la herramienta en su totalidad a través de esta, cayendo el peso computacional en el servidor. La idea principal de funcionamiento se basa este concepto, en el que los datos se almacenan en servidores de internet y son los terminales de trabajo (móvil u ordenador en el caso del educador) los que, a través de peticiones básicas a los servicios ofrecidos, obtienen la información para presentársela al usuario, recogiendo a su vez información local, que será nuevamente enviada al servidor para seguir con la interacción.

4.3.1. Servidor

El servidor de *AssiT-Out* es la parte encargada de almacenar el modelo de datos de los usuarios y gestión por parte de los educadores, además de preparar la información, según lo requieran, que se va a enviar a los terminales de trabajo atendiendo a las diferentes variables que establezcan y haciendo uso de la información previa relacionada de la que disponga el servidor. En la figura 4.4 se puede observar gráficamente el contenido del servidor y su interacción a través de la nube con los terminales.

La descripción de los módulos que forman el servidor es la siguiente.

Modelo de usuario: es el encargado de almacenar toda la información de usuario. Esto es, su información personal (nombre, dirección, edad, sexo, clave de login, etc), educador asociado, así como los puntos de interés prefijados por este. Además maneja la posición actual o última conocida del usuario y guarda una relación de las experiencias previas del usuario establecidas en forma de ruta por el sistema de registros.

Calculador de ruta: recibe las coordenadas de origen y destino, así como el motor de mapas asociado, permitiendo gracias a esto último la posibilidad de ajustar el uso de uno u otro dependiendo de la zona habitual de uso, ya que pueden existir diferencias de calidad relevantes. A partir de estos datos y consultado al motor especificado (*Google o Bing*), se obtiene una ruta genérica, gracias a la API que ambos ofrecen para consultas estáticas. Una vez obtenida esta información, se filtra el contenido no relevante para el uso de la misma por parte del cliente, devolviendo un objeto JSON (JavaScript Object Notation ¹) con campos de control y una lista con los pasos que el usuario debe realizar. Cada paso incluye: coordenadas geográficas del punto, instrucciones y una imagen asociada obtenida de la unidad de recuperación de imágenes.

¹<http://www.json.org/>

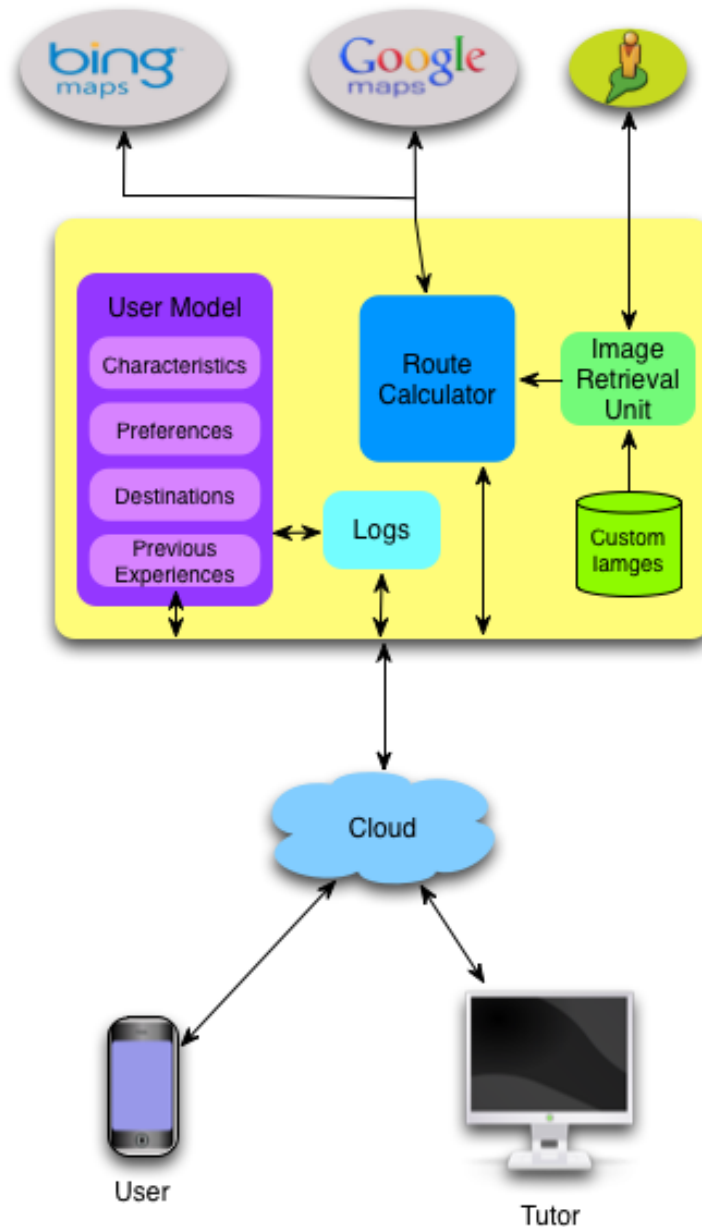


Figura 4.4: Arquitectura en la nube.

Unidad de recuperación de imágenes: unidad encargada devolver la imagen asociada a un punto. Para determinar la imagen, se consulta si dicho punto contiene una imagen precargada en el modelo de datos del usuario (Las imágenes deben ser precargadas por los educadores). De ser así se devuelve dicha imagen, en caso contrario, y haciendo uso de la API que ofrece *StreetView* se obtiene la imagen genérica proporcionada por el servicio de imágenes estáticas a pie de calle. Cabe destacar que las imágenes poseen además de unas coordenadas geográficas una orientación en grados, ya que la vista desde un mismo punto difiere si miras hacia el sur de si miras hacia el norte.

Imágenes precargadas: Contiene imágenes precargadas por los educadores y asignadas a puntos de interés de los usuarios, por lo que este componente está fuertemente ligado al modelo de usuario. Contiene su propio sistema de peticiones, devolviendo la imagen atendiendo al identificador y tamaño de imagen.

Registros: recibe y almacena informes por parte del cliente acerca de los desplazamientos realizados. Estos informes constan de: La ruta propuesta por el sistema y la ruta realizada por el usuario. Almacenando en esta última la fecha y hora de la realización, tiempos en los desplazamientos, si usó botón del pánico y la precisión del GPS en cada momento de medida con el fin de obtener una media de esta.

Toda esta información interna es almacenada en una base de datos MySQL, siempre accedida a través de páginas o scripts php. Estableciéndose dos vertientes del sistema: una primera que consiste en un portal que presenta una herramienta de gestión, explicada más adelante en la sección 4.3.3, y una segunda que consiste en Servicios Web de consulta (WebServices).

Los servicios web que ofrece el sistema, basados en REST (Representational State Transfer) una arquitectura de comunicación entre sistemas distribuidos, son servicios de consulta y comunicación entre el terminal móvil y el servidor. Ciertos servicios requieren que el usuario se identifique en el servidor y se pueden clasificar en dos subgrupos: servicios que solicitan información al servidor y servicios que suben información al servidor.

Los servicios que ofrecen información al dispositivo móvil lo hacen a través del protocolo http, devolviendo un objeto JSON con la información deseada. Se ha descartado XML, como sería más propio de REST y se ha usado JSON, debido a la mayor ligereza que este sistema ofrece a la hora de codificar objetos. Algunos servicios existentes en el servidor hacen de puente entre el cliente y un servicio externo (p.e: los motores de rutas). Estos servicios se han establecido de esta forma por dos motivos: quitarle carga de proceso al terminal móvil, enviándole la información de los servicios externos preprocesada y altamente adaptada a las necesidades finales y, supervisar toda las peticiones que la herramienta de guiado hace hacia el exterior de cara a facilitar posibles cambios o adaptaciones en versiones futuras, sin que por ello afecte al cliente.

Servicio de información del usuario: este servicio proporciona a la herramienta móvil la configuración inicial que necesita. Para ello recibe el nombre de usuario y la clave API que lo identifica. Retorna un objeto JSON que mediante un campo de control indica si la petición ha sido correcta y, de ser así incluye la configuración inicial de la herramienta: el email del tutor que será usado para el botón del pánico (explicado en la parte del cliente 4.3.2) y la lista de destinos preestablecidos (nombre visible, latitud, longitud e imagen asociada, así como su ángulo). La imagen se

especifica en forma de URL asociada, que podrá ser el identificador de imagen del servicio local de imágenes o la dirección a la API de *StreetView*, de ahí que cada punto necesite además al ángulo en el que debe ser mostrado.

Servicio de imágenes locales: como se ha comentado anteriormente, los puntos preestablecidos de usuario pueden tener una imagen precargada por el tutor. Para solicitar las imágenes precargadas en el sistema, se dispone de un servicio que recibe el identificador asociado a la imagen, así como el ancho y el alto deseado. Devolviendo la imagen asociada en el tamaño especificado.

Servicio de rutas: es el servicio central del servidor, el que proporciona los pasos en los que se divide una ruta. Para ello recibe una petición http, donde se indican las coordenadas geográficas de los puntos de inicio y fin así como el motor de ruta a usar: *Google* o *Bing maps*. Entonces es el servidor el que, mediante las APIs que ofrecen ambos servicios externos, solicita la ruta recomendada a pie por parte de estos, extrayendo la información relevante y descartando otra como son: las distancias, los tiempos estimados, etc. La respuesta, en forma de objeto JSON, incluye un campo que indica que la petición ha sido correcta y en ese caso una lista de todos los puntos intermedios junto con la instrucción asociada aportada por el motor y su localización geográfica.

En el caso de los servicios para subir información al servidor, utilizan el método POST y necesitan siempre de la identificación del usuario, ya que recogen y almacenan información sensible sobre el mismo.

Servicio de localización: este servicio es el encargado de recoger la localización en tiempo real del usuario así como su estado, reflejando esta información en la base de datos local para que el educador pueda consultarla mediante la herramienta de autor. El servicio recibe el nombre de usuario y clave API identificativa, así como su localización geográfica y su estado “conectado” o “desconectado”. Al inicio de la aplicación móvil se recibe un primer mensaje de “conectado”, que será repetido en un intervalo de tiempo durante su uso, y finalmente al salir de la aplicación se recibe un mensaje de “desconectado”, que informa que ese es el último punto que debe quedar asociado al usuario.

Servicio de registros: paralelamente, cuando el usuario finaliza una ruta (o desiste de realizarla), el terminal debe generar un registro y subirlo al servidor mediante este servicio. Este servicio recibe el nombre e identificación del usuario, así como un texto plano con la siguiente información: origen y destino de la ruta, hora de inicio, ruta recomendada por el sistema y ruta seguida por el usuario, así como el tiempo que ha ido transcurriendo en esta tarea. Esta información es procesada por el servidor e

introducida en la base de datos para su posterior consulta por parte del educador. Se puede ver un ejemplo de *log* sin procesar en el anexo [A](#).

4.3.2. Cliente

La parte cliente del sistema, encargada de la presentación al usuario, está construida sobre la plataforma Android ya que es un sistema bastante extendido en cuanto a terminales móviles inteligentes y con un crecimiento exponencial en el mercado, además proporciona una facilidad de distribución e implantación sencilla de la aplicación gracias a su tienda de aplicaciones *Google Play*.

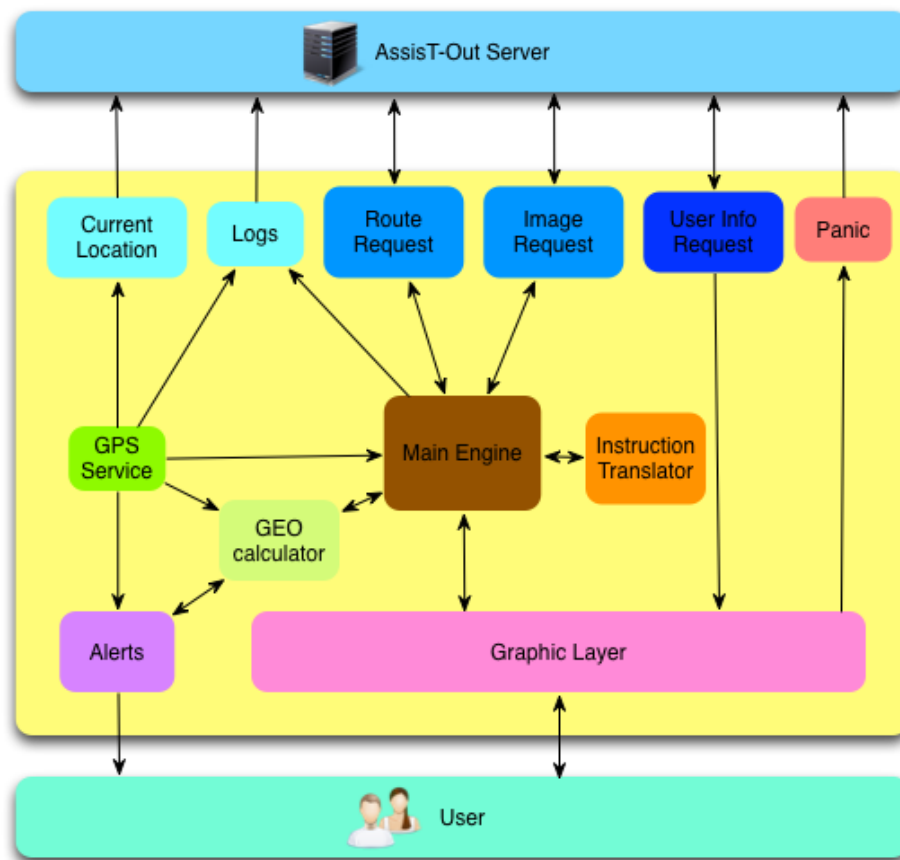


Figura 4.5: Arquitectura del cliente.

En la figura 4.5 se puede observar al detalle la arquitectura implementada en la aplicación móvil de guiado. Atendiendo a esta arquitectura se pueden establecer tres niveles principales.

1. En un primer nivel se encuentran los módulos encargados de realizar la comunicación entre dispositivo y servidor, con el fin de recibir y enviar información. Estos módulos a su vez pueden ser clasificados según la afinidad de su cometido.

- a) En un primer grupo, existen dos módulos relacionados con el posicionamiento. El primero, el servicio de localización, se encarga de enviar al servidor la posición actual del usuario cada 2 minutos una vez abierta la localización con la etiqueta de “conectado” y finalmente, cuando se cierra la aplicación, la localización en ese momento con la etiqueta de “no conectado”. Paralelamente, el módulo de registros, lanzado por el motor principal cada vez que se empieza una nueva ruta, almacena información del desarrollo de la misma, así como del tiempo. Una vez se finaliza la ruta o el usuario desiste, se avisa a este módulo para que envíe toda esta información al servidor.
 - b) Para solicitar la información de una ruta al servidor existen dos módulos principales. Uno de estos recibe del motor principal el origen y de destino de la ruta, así como el motor del que se quiere obtener la misma. Este módulo realiza la petición al servidor, recibiendo un objeto JSON con la información y presentándolo como salida para el motor principal. Así mismo, las imágenes que se van a utilizar en la ruta se obtienen a través de otro módulo que translada la petición al servidor con la URL o la etiqueta que indica que se dispone de imagen asociada a un punto en el servidor.
 - c) El módulo encargado de manejar la información de usuario tiene un doble cometido. El primero es el de comprobar que en la aplicación existe un usuario local y el usuario existe en el servidor. Esto se consigue a través de una clave de identificación *API Key*, que se genera automáticamente al crear el usuario en la herramienta de autor y el educador debe establecer en la configuración inicial de la herramienta móvil. En caso de ser correcta la identificación, este módulo solicita al servidor la información del usuario asociada: email de contacto con el educador para las alertas y lista de puntos de interés, que será mostrada en la pantalla principal de la aplicación para que el usuario seleccione destino.
 - d) Por último, el módulo de comunicación de alerta al educador. Se activa cuando el usuario pulsa el botón del pánico y envía un email al educador, indicándole la alerta y especificando la localización exacta del usuario.
2. En el segundo nivel se encuentra la parte central que hace uso de los demás módulos, para obtener finalmente la información necesaria para la presentación al usuario, así como ciertos módulos locales en los que se apoya.
- a) El sistema operativo Android ofrece un listener por defecto con el que suscribirse a los eventos del GPS. La aplicación hace uso de una clase genérica creada para facilitar y adaptar esta interacción a las necesidades de esta.
 - b) El módulo *GEO Calculator*, está designado para llevar a cabo aquellas tareas que implican cálculos con coordenadas geográficas. En este caso se proporcio-

nan dos métodos esenciales los cuales se verá su utilidad en las partes que hacen uso de ellos: un primer método que calcula la distancia en metros entre dos puntos geográficos dados y un segundo método, que dadas las coordenadas de dos puntos, A y B, calcula la dirección en grados hacia la que se debe de mirar desde A para ver B. (0° es el norte y 180° el sur).

- c) Las instrucciones que se reciben del servidor son instrucciones muy genéricas no adaptadas al colectivo de personas con discapacidad intelectual. El cometido del traductor de instrucciones es doble: detectar de qué instrucción se trata para, acto seguido, sustituirla por la instrucción equivalente adaptada en español o inglés.
- d) El motor principal es el encargado de solicitar y reunir todos los datos necesarios para, finalmente mostrar los pasos de guiado al usuario. En orden de realización, recibe el destino que el usuario ha escogido de la lista y solicita el punto de origen, en el que se encuentra el usuario en este momento, al servicio GPS. Con esta información, solicita la ruta al módulo encargado y una vez obtenida lanza el servicio de registros y le indica la ruta sugerida por el servidor, ya que es un dato de relevante para este. Las imágenes asociadas a cada punto se establecen ahora, por ser necesario tener todos los puntos para orientar correctamente las imágenes a mostrar al usuario. Esta orientación se obtiene mediante el módulo *GEO calculator*. Por cada paso recibido del servidor se crean dos pasos en la ruta: un primer paso en el que la imagen está orientada de tal forma que es lo que el usuario verá al llegar del paso anterior, con la instrucción acorde, y un segundo paso en el que la imagen mira hacia el siguiente paso y se da una nueva instrucción. En esta pasada por los hitos intermedios se aprovecha para, mediante el traductor de instrucciones asignar la instrucciones definitivas. Una vez establecidos los datos de las imágenes y según el usuario vaya avanzando en la ruta mediante la herramienta, solicita al servidor la imagen que ha de mostrarse con la información establecida previamente. Finalmente, cuando el usuario termina la ruta o la aborta por cualquier motivo, se informa al módulo de *logs* para que suba el registro al servidor.

3. En el tercer nivel se encuentra la parte que interactúa directamente con el usuario.

- a) El módulo de alertas, avisa al usuario mediante las alertas configuradas de su aproximación al punto del siguiente hito en la ruta. Haciendo uso del *GEO calculator* y de la posición actual establece el porcentaje en la barra de progreso que se debe mostrar, además si dicho porcentaje supera un umbral indicando que se está cerca del siguiente punto, el módulo avisa al usuario con sonido y/o vibración según se haya configurado.

- b) La capa gráfica o de presentación es la que muestra en pantalla la información al usuario y además interactúa con él, recogiendo las acciones realizadas por este. En los siguientes párrafos se describe más en detalle la interfaz gráfica.

La aplicación consta de tres pantallas principales en el flujo de ejecución y una pantalla de ajuste de las preferencias, como se observa en la figura 4.6.

La primera pantalla o *splashScreen*, presenta al usuario la aplicación mientras se realizan operaciones de fondo. Estas operaciones son, en primer lugar comprobar que existe un usuario identificado en la aplicación para después comprobar que los datos sean correctos mediante una consulta al servidor. Si no existe dicho usuario (primera vez que se arranca la aplicación) o los datos son erróneos, se informa del error y se pide que se introduzcan los datos correctos.

Una vez comprobado que el login es correcto, paralelamente se solicita al servidor la lista de destinos preestablecidos del usuario y se lanza el servicio de localización GPS para ubicar al usuario. Al finalizar los procesos descritos de carga se lanza la pantalla principal de la aplicación.

La segunda es la pantalla principal de la aplicación, en la que se presenta al usuario información sobre rutas. En la parte superior se muestra la localización actual en texto, que aunque a priori pueda ser un dato poco relevante puede servir de ayuda al usuario en caso de querer comunicarla por alguna razón o, en el mejor de los casos, servirle para ubicarse. Inmediatamente debajo, aparece una lista desplazable con los destinos establecidos por el educador. La idea de mostrar una lista estática con puntos preestablecidos es la de facilitar la selección de un destino al usuario, quitando la necesidad de tener que escribir una dirección completa. Además el nombre de estos puntos es establecido al crearlos, con lo que se pueden usar nombres muy descriptivos ayudando a la comprensión del usuario, p.e: “Puesto de información”. Al pulsar sobre uno de los destinos se solicita la ruta al servidor y con la respuesta se continúa hacia la tercera pantalla, la pantalla de navegación.

Pantalla de navegación

Por último, la pantalla de navegación, es la encargada de mostrar paso a paso, en forma de manual, los hitos de guiado del usuario así como de ayudar al mismo mediante alertas a la realización de la ruta. Así, cuando el usuario realice una ruta con instrucciones adaptadas, será capaz de apreciar el desarrollo de la misma y de ir completándola en pasos atómicos establecidos como hitos, que le permitirán realizar el desplazamiento por partes.

Si bien toda la interfaz ha sido cuidada al detalle para obtener una adaptación en cuanto al uso de la aplicación, es la pantalla de navegación donde residen más elementos clave para desarrollar satisfactoriamente los desplazamientos.

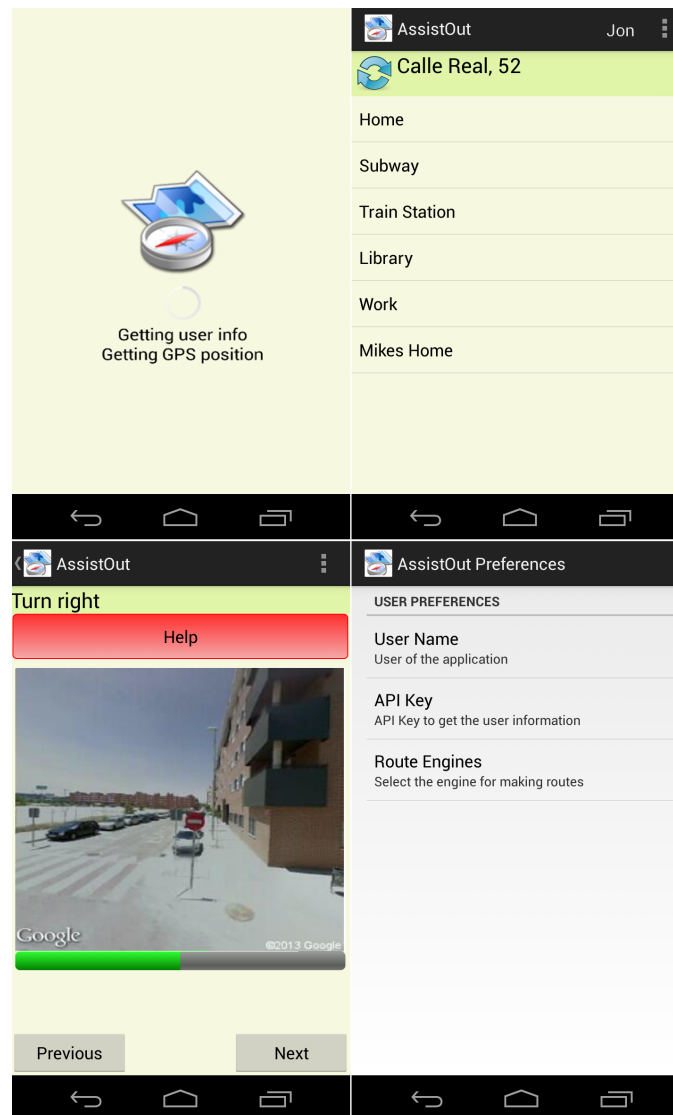


Figura 4.6: Pantallas de la aplicación móvil.

Instrucciones en texto: la parte superior de la pantalla muestra la instrucción a llevar a cabo en el momento de realización de la ruta en el que se encuentre el usuario.

Imágen a pie de calle: la parte central del guiado es el visionado, por parte del usuario, de una imagen a pie de calle con el fin de ayudarlo no solo a comprender mejor la instrucción actual, si no además a ubicarse en el entorno en el que se encuentra. Estableciendo de forma precisa, en visión real, hacia donde se dirige o donde debe centrar su atención en la ruta.

Barra de progreso: la barra de progreso muestra al usuario el porcentaje que ha completado en cada paso intermedio. Aumentando conforme se va completando un paso, acercándose al punto deseado o disminuyendo en caso de alejarse. Además, cuando la barra supera un porcentaje determinado (establecido según la distancia entre

puntos), se informa al usuario mediante un aviso acústico y/o mediante la vibración del móvil, lo cual le indica que está llegando al punto deseado. Por último, si el usuario se aleja demasiado del punto a alcanzar la barra de progreso se colorea de rojo indicándolo. Esta barra de progreso se basa en lo útil que encuentran personas con discapacidad intelectual el saber cuanto llevan realizado en una tarea o cuando les queda para finalizar, en este caso extrapolable a la distancia.

Botones de anterior y siguiente: existen dos botones en la aplicación que permiten al usuario moverse en los pasos de realización de la ruta, para en caso de confusión poder volver al paso anterior. Sin embargo el usuario no podrá acceder al paso siguiente de la ruta hasta que no se acerque físicamente (medido mediante GPS) al punto intermedio que debe alcanzar en el paso de la ruta en el que se encuentra. Alcanzar un punto correctamente desbloquea el botón para que el usuario pueda continuar la ruta. Esto previene que, por distracción o error del usuario avance en las instrucciones de la ruta sin haber completado los pasos previos, lo cual derivaría en una realización errónea del desplazamiento.

Botón del pánico: existe un botón del pánico en la aplicación que permite al usuario informar al educador en caso de inseguridad o pérdida. Este botón envía automáticamente un aviso por e-mail al educador con la localización GPS exacta del usuario y un enlace directo a un mapa con su ubicación. Además muestra un mensaje de calma al usuario.

4.3.3. Herramienta de Autor

Tan importante como el buen funcionamiento del sistema es la facilidad de uso del mismo de cara a los educadores. En este aspecto, la gestión directa de los modelos de datos y de los diferentes módulos queda descartada por requerirse un perfil técnico previo, que dificultaría más que facilitaría las tareas de los educadores con los usuarios.

Se hace necesario el desarrollo de una herramienta intermedia, que permita al educador obtener una salida de la información organizada y manejable por parte del sistema, así como que proporcione una gestión total, pero no por ello complicada, de los usuarios y acciones asociadas a estos. Esta herramienta proporciona una capa extra que permite interactuar de forma intuitiva con el sistema gracias a que el educador queda abstraído del mecanismo interno. El educador queda dado de alta en la herramienta para realizar la gestión de usuarios (a saber: dar de alta nuevos, modificar/eliminar los ya existentes), obtener sus registros de rutas realizadas, añadir, modificar o eliminar puntos de interés asociados y finalmente, obtener las alertas del usuario.

AssiT-Out proporciona una herramienta de autor interactiva, desplegada en forma de portal de internet, con el que a través de las diferentes tecnologías web, se gestiona y presenta la herramienta. El lenguaje base de la herramienta es php, utilizado para la creación dinámica de contenido a partir de la base de datos del servidor así como la inserción o modificación de información en la misma. La base de datos (MySQL) contiene, como se ha explicado anteriormente, los modelos de datos del sistema y toda la información asociada. En el portal, se hace uso también de Javascript para incrustar los mapas proporcionados por *Google* así como para interactuar con ellos y hacer más dinámicos ciertos aspectos de la página. Por último, se hace uso de la tecnología *Css* que proporciona un estilo más vistoso a la web. En este caso el diseño se apoya sobre el *framework* de código abierto *Bootstrap*², que facilita la gestión del aspecto visual y proporciona un diseño sensible a diferentes navegadores y/o dispositivos de acceso a contenido web.

Para comenzar a utilizar la herramienta de autor, un educador debe ser autorizado por el administrador y este debe crear una cuenta asociada, generando un nombre de usuario y contraseña. Para ello, el educador debe proporcionar información personal como su nombre, género, fecha de nacimiento, dirección y e-mail. Este último es el buzón donde se envían las alertas de usuario, así como la dirección que usarán los administradores en caso de querer ponerse en contacto con él. Una vez el educador disponga de cuenta de usuario podrá acceder al portal mediante la identificación y comenzar a crear usuarios y gestionarlos.

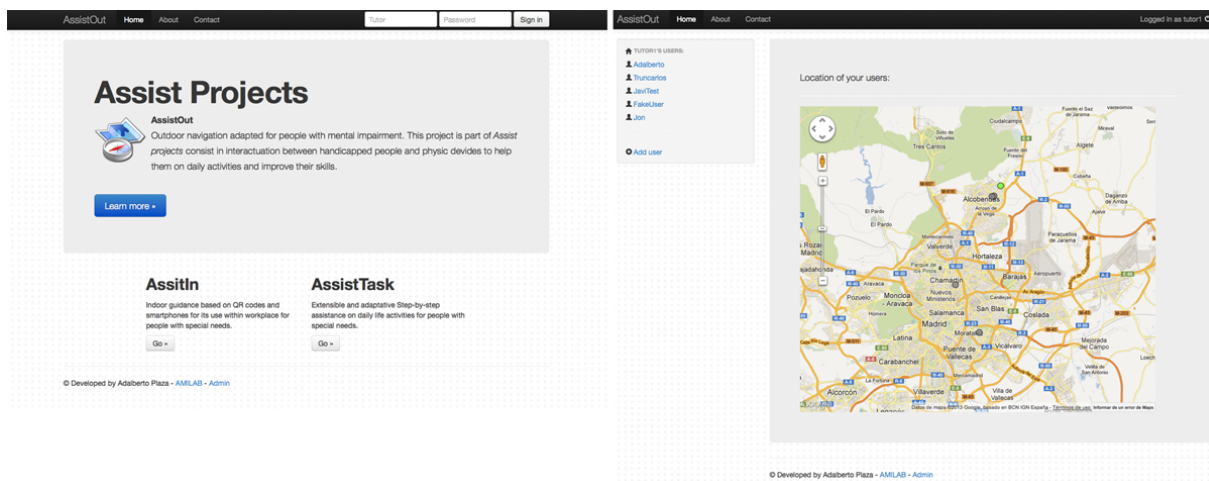


Figura 4.7: Pantalla de inicio y escritorio de la herramienta de autor.

Escritorio: al identificarse en la herrameinta, el educador accede a una pantalla principal denominada “escritorio”, en la que se muestran las acciones principales. En la barra de menú izquierda, el educador dispone de una lista de usuarios previamente creados

²<http://twitter.github.io/bootstrap/>

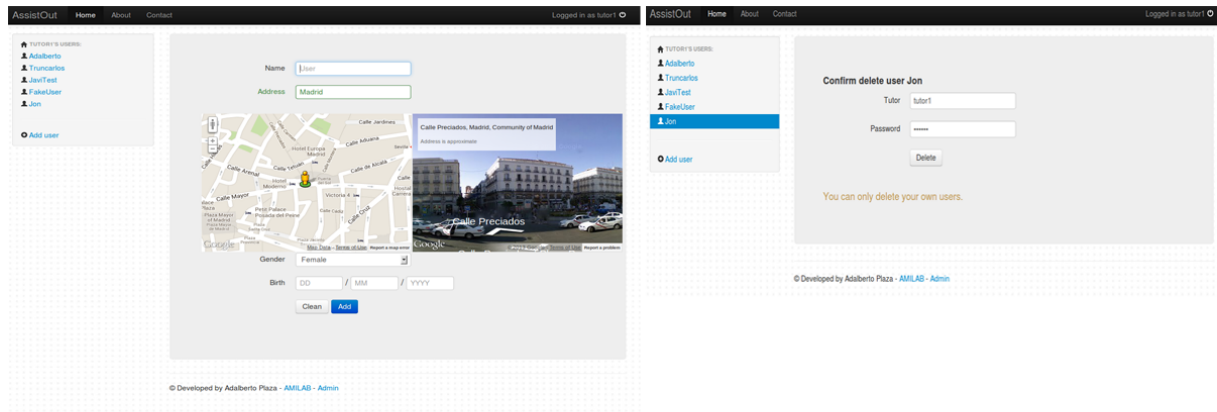


Figura 4.8: Crear y borrar un usuario.

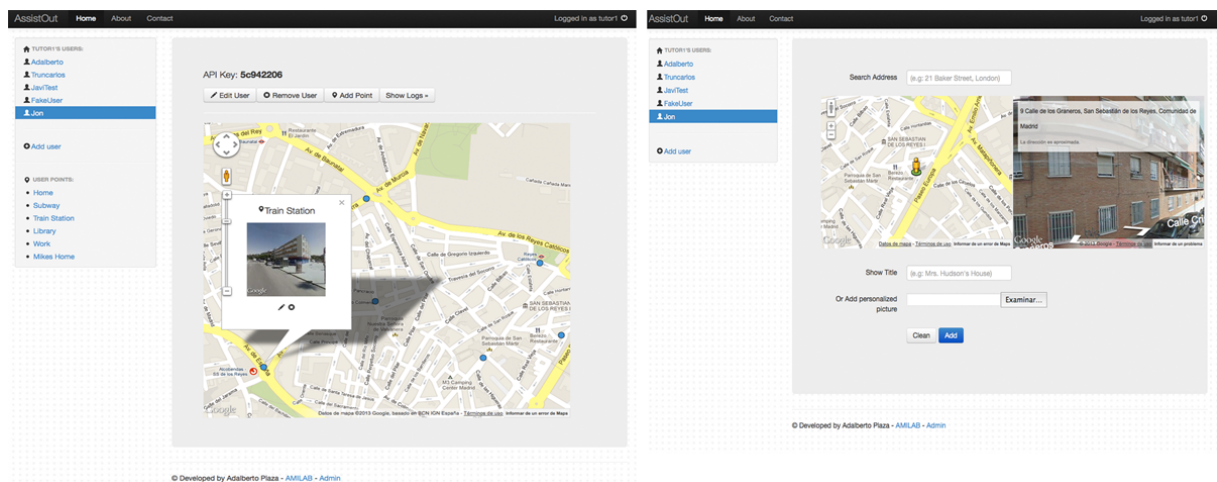


Figura 4.9: Panel de control de usuario y añadir un nuevo punto.

por él, así como la posibilidad de crear un nuevo usuario. La parte central del “escritorio”, muestra un mapa con la localización en tiempo real de sus usuarios asociados. Apareciendo con un punto verde los que actualmente están localizados (están haciendo uso de la aplicación) y con un punto gris, la última localización conocida de los usuario que no están haciendo uso en este momento. Al pulsar sobre cualquiera de las localizaciones se muestra el nombre del usuario y el nombre de la calle en el que se encuentra la localización conocida. Esto permite al educador llevar un control general sobre sus usuarios. Figura 4.7.

Crear nuevo usuario: cuando el educador quiere crear un nuevo usuario se muestra un pequeño formulario con la información necesaria para darlo de alta. Esta información incluye su nombre, género, fecha de nacimiento y dirección habitual. Esta dirección se usa para establecerla como punto de interés del usuario marcado como “Casa”, y se

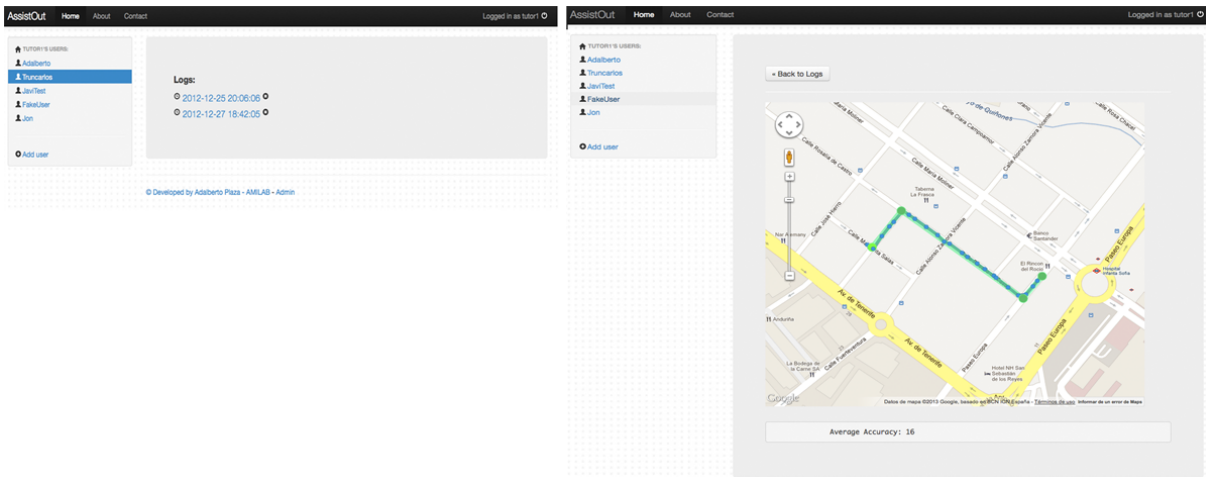


Figura 4.10: Lista y representación de rutas registradas.

debe establecer la ubicación en el mapa y la orientación con la que será mostrada la imagen a pie de calle. Este punto puede ser borrado posteriormente por el educador si lo desea. Figura 4.8.

Panel de control de usuario: al pulsar sobre cualquiera de los usuarios a su cargo, el educador accede a su panel de control. En este panel dispone de una lista de los puntos de interés creados para el usuario así como su localización en el mapa. Pulsando sobre cualquiera de estos puntos se despliega una ventana flotante que muestra el nombre asociado, la imagen exacta que se mostrará al usuario cuando lo seleccione como destino y las opciones de editar y eliminar el punto. En el caso de querer editar o eliminar el usuario, se disponen de botones que conducen a la pantalla de eliminación o de edición del mismo, siendo en este caso una pantalla idéntica a la del registro pero rellena con los datos conocidos. Finalmente, en la parte principal se muestra también la *API Key*, una clave única e identificativa, generada automáticamente al crear un usuario y necesaria para la configuración de la aplicación en el terminal, con el fin de que este pueda identificarse correctamente en el sistema. Figura 4.9.

Crear nuevo punto: se dispone de un formulario para la creación de puntos para un usuario, al que se accede a través del panel de control de usuario. En este formulario se debe especificar el nombre del punto que se mostrará en la lista de puntos de interés del usuario y la dirección e imagen asociada al mismo mediante un mapa. Esta imagen puede ser la obtenida de dicho mapa a través de *StreetView* o una imagen que el educador establezca y suba mediante el campo designado para ello. Cuando un educador desea editar un punto ya existente, es remitido a un formulario con la misma estructura y ya relleno con los datos conocidos a modificar. Figura 4.9.

Registros de usuario: Cada usuario posee en el sistema una lista de registros con las rutas que ha realizado haciendo uso de la herramienta. Esta lista es accesible para educador con el fin de poder hacer un seguimiento de los desplazamientos del usuario y de tener constancia de su aprendizaje. Mediante el panel de control de usuario, se tiene acceso a dicha lista de registros. Accediendo a una ruta concreta, el educador puede visionar en un mapa el desarrollo de la misma, mostrando en color verde la ruta sugerida por la herramienta, mediante puntos que indican los hitos intermedios unidos por una línea de principio a fin de la ruta, y en color azul la ruta real realizada por la persona, de nuevo mediante puntos unidos de inicio a fin de su desplazamiento que indican la posición en el momento en que fue medida. Además, con el fin de discriminar errores del GPS se muestra la precisión media para que el educador sea consciente de ello. Figura 4.10.

E-mail de alerta (externo): al registrar al educador, este debe proporcionar un correo electrónico para recibir posibles mensajes por parte de los administradores y recibir las alertas que los usuarios generan en el uso de la aplicación móvil. Tales alertas, generadas al pulsar el botón del pánico, envían directamente un correo electrónico a la dirección de su educador que contiene: el título indicativo con el nombre de usuario y su situación, en coordenadas geográficas, así como un link directo a la posición en un mapa.

4.4. Ejemplos de uso

AssisT-Out es una herramienta que engloba todo el proceso de aprendizaje, guiado y supervisión en el desarrollo de rutas en el entorno de educadores y usuarios con necesidades especiales. Lo cual quiere decir que la herramienta está presente desde la creación del punto de interés por parte del tutor, hasta la recogida de los datos que genera el usuario al dirigirse a ese punto, pasando por la generación de la ruta y guiado a través del terminal móvil. En los siguientes apartados se explica, a modo de ejemplo y brevemente, el proceso que siguen educador y usuario para llevar a cabo estos pasos, así como el método de guiado seguido

4.4.1. Método de guiado

Suguiendo la figura 4.11, el punto verde es el punto en el que actualmente se encuentra el usuario cuando selecciona como destino el punto rojo, que es el que previamente ha establecido el educador como lugar de interés. La aplicación divide la ruta completa en puntos intermedios a alcanzar, marcados en la figura como puntos azules, y va guiando al usuario paso a paso, apoyándose en la imagen a pie de calle, instrucción de texto, barra

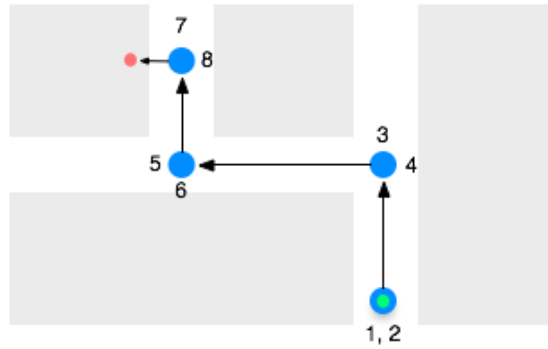


Figura 4.11: Ruta sencilla con pasos intermedios.

de progreso y alertas sonoras y de vibración. Las diferentes instrucciones que recibe el usuario están numeradas del 1 al 7, y se van desbloqueando sucesivamente, es decir, por ejemplo, para poder mostrar la instrucción 3, el usuario debe haber completado la 2 y la 1. Las instrucciones que recibe el usuario son las siguientes:

1. “Busca esta vista”, acompañada de una imagen desde 1 orientada a 3.
2. “Continúa recto hasta encontrar”, acompañada de una imagen en 3 orientada a 3.
3. “Gira a la izquierda”, acompañada de una imagen en 4 orientada a 5.
4. “Continúa recto hasta encontrar”, acompañada de una imagen en 5 orientada a 5.
5. “Gira a la derecha”, acompañada de una imagen en 6 orientada a 7.
6. “Continúa recto hasta encontrar”, acompañada de una imagen en 7 orientada a 7.
7. “Gira a la izquierda”, acompañada de una imagen en 8 orientada al destino.
8. “Este es tu destino”, acompañada de una imagen en 8 orientada al destino.

Adicionalmente, en el apartado de pruebas 5, se puede encontrar una ruta real más compleja.

4.4.2. Herramienta de autor

El educador tiene un control total sobre sus usuarios asociados, por lo que se parte de la base de que se quiere trabajar con un usuario que ya está creado en el sistema y además ya tiene puntos de interés asociados y ha realizado rutas previas. El educador ha realizado un seguimiento previo del mismo, estudiando sus registros, en los que observó que presenta una buena aptitud para los desplazamientos, ya que inicialmente se perdía en las indicaciones pero rápidamente en rutas posteriores muestran que las completa sin

mayor dificultad. El educador dedice, entonces, asignarle una tarea en la que tiene que recoger, de camino al trabajo, a un nuevo compañero.

Para ello, debe acceder al portal y entrar en el panel de control de dicho usuario. Una vez localizado, añade en el mapa del usuario el nuevo punto de interés “Mikes Home”. Comunicando al usuario *Jon*, que al día siguiente debe dirigirse al punto para recoger a su nuevo compañero y dirigirse, ambos, al trabajo.

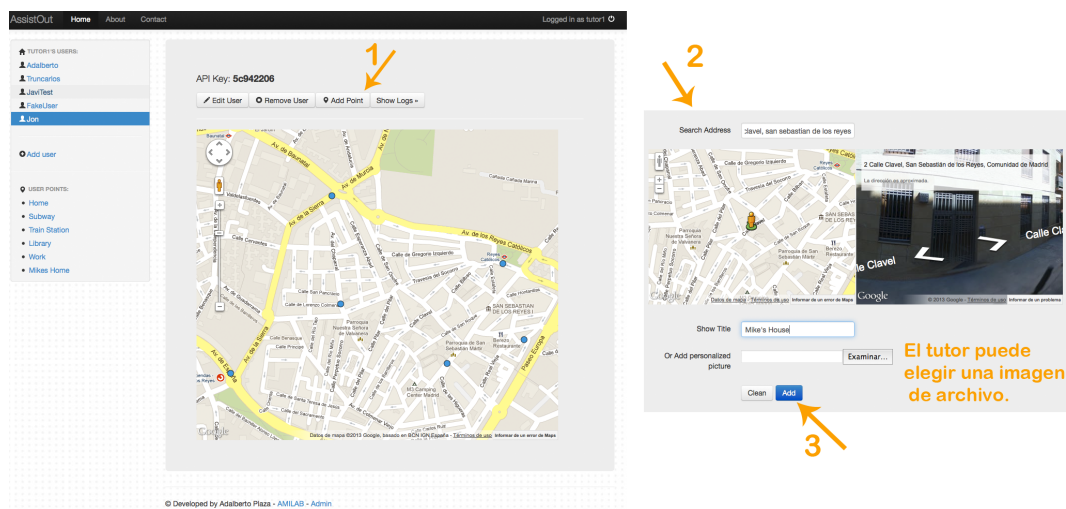


Figura 4.12: Ejemplo de creación de punto de interés.

Al día siguiente, mientras el educador está en su puesto de trabajo gestionando otros usuarios, recibe una alerta de correo en la que se indica que *Jon* se ha perdido. Dicha alerta incluye la localización exacta de *Jon*. Además puede hacer un seguimiento en tiempo real de su ubicación mediante la herramienta. Inmediatamente el educador se pone en contacto directo con *Jon* para tranquilizarlo mientras van a recogerlo.

Una vez solucionado, el educador observa el registro de la ruta que acaba de realizar *Jon*, permitiéndole comprender mejor el problema y estableciendo nuevas medidas de aprendizaje.

En este ejemplo se puede observar como la herramienta de autor, no sólo ayuda a gestionar al usuario estableciendo sus puntos y configuraciones, figura 4.12, sino que además permite realizar un total seguimiento de este, tanto en la realización de las rutas y la posibilidad de pérdida del usuario como en el estudio posterior, figura 4.13.

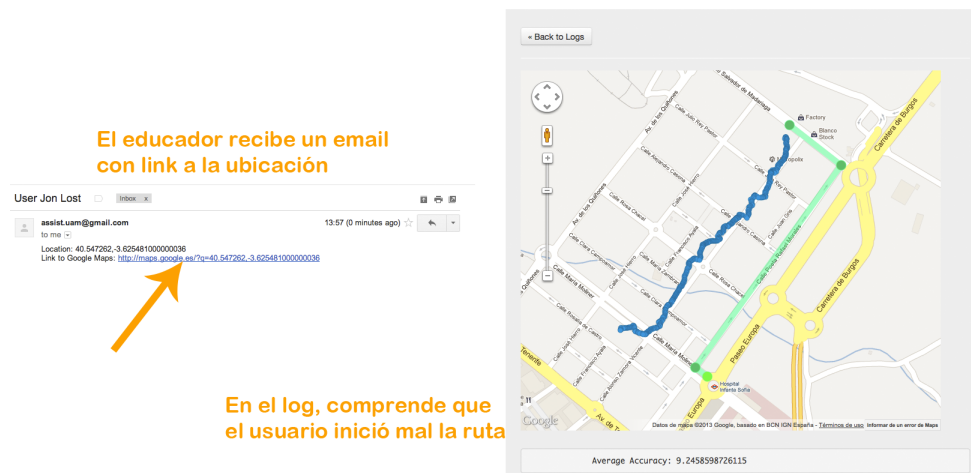


Figura 4.13: Ejemplo de usuario perdido.

4.4.3. Aplicación de móvil de guiado

A continuación se muestra el ejemplo de uso por parte de *Jon*. *Jon* lleva un tiempo usando la herramienta, y aunque al principio le costó un poco desvelarse con ella, tras la adaptación de la misma por parte de los educadores, es capaz de realizar desplazamientos nuevos e irlos aprendiendo poco a poco con el uso de la herramienta. Gracias a esta herramienta, es capaz de desplazarse de forma autónoma, y ya sin usarla, a su trabajo.

Una tarde, el educador de *Jon* le comunica que al día siguiente, antes de ir a trabajo, debe recoger a un nuevo compañero. Para ello, le aparecerá un nuevo destino en su móvil. Dicho destino se corresponde a la casa de *Mike*, su nuevo compañero, a la cual debe dirigirse primero, recogerlo y después continuar la ruta hacia el trabajo.

A la mañana siguiente, al salir de su casa e iniciar la aplicación, encuentra el nuevo destino en la lista, tal y como le indicaron. Lo pulsa y recibe las instrucciones de guiado adaptadas para llegar hasta el destino establecido. *Jon* ha adquirido una buena base en la orientación y en el uso de la aplicación, sin embargo a medio camino se encuentra algo confuso en alguna de las calles o nota, mediante la barra de progreso, que se ha perdido. *Jon* se pone algo nervioso y, aunque le han enseñado a volver hacia atrás en los pasos o a recalcular la ruta, prefiere pulsar el botón de ayuda de la aplicación. Recibe como respuesta un mensaje de calma para que se tranquilice, y pocos minutos después recibe la llamada de su educador que le tranquiliza y le dice que no se preocupe que ya van a recogerlo. En la figura 4.14, se puede observar el ejemplo ilustrado.

Después de este proceso y al día siguiente, *Jon* vuelve a realizar el trayecto, esta vez acompañado por un monitor. Tras unos días, *Jon* es capaz de realizar el trayecto él solo

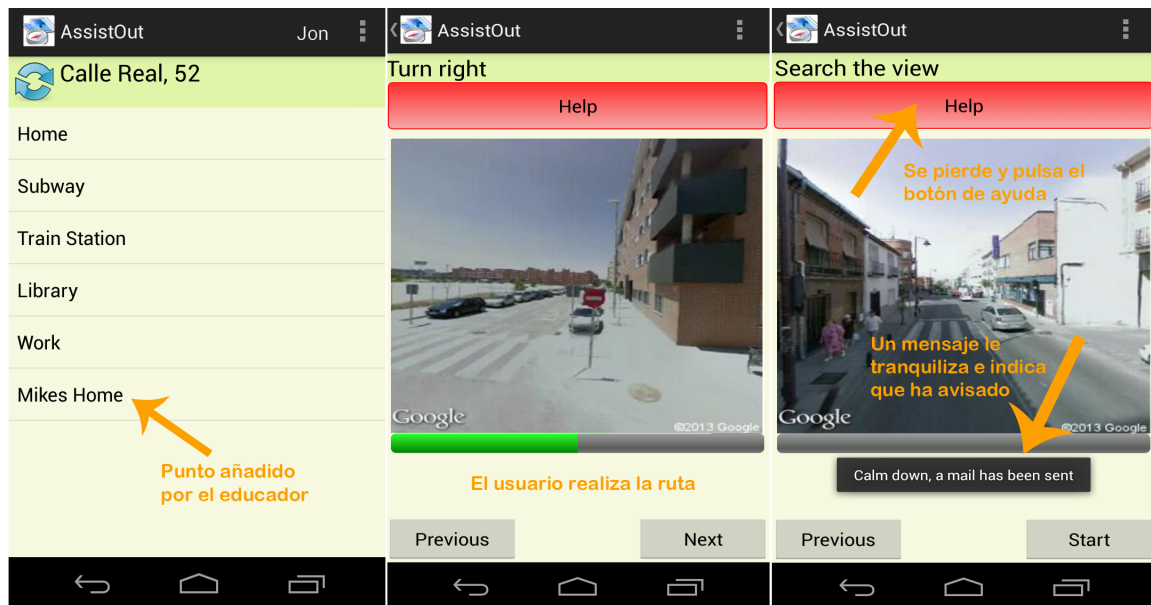


Figura 4.14: Ejemplo de uso del usuario.

y con un poco más de práctica es capaz de realizarlo sin ayuda de la herramienta.

Adicionalmente, en esta memoria se presenta un ejemplo de uso más exhaustivo sobre la aplicación móvil en la sección de pruebas [5](#).

5 | Pruebas y resultados

5.1. Herramienta de autor

Durante el desarrollo de la herramienta se han realizado pruebas individuales y en cascada según se ha ido desarrollando la misma. Sin embargo, a modo de test final, se han realizado pruebas de caja negra con la herramienta de autor, quedando reflejadas en la tabla [5.1](#).

Las pruebas de caja negra son un tipo de pruebas muy utilizadas en metodologías de desarrollo de software, que consisten en tomar el programa o módulo como una caja en la que no se sabe nada acerca de su funcionamiento interno (caja negra), sino que por el contrario, interesa la respuesta que se produce mediante una entrada determinada.

Para ello, se han llevado a cabo sobre el sistema, las operaciones que diariamente se realizarían en este. Por una parte se han intentado realizar operaciones no permitidas, para comprobar que el sistema lo detecta y toma medidas al respecto: inicios de sesión erróneos, así como acciones que no se pueden realizar sin tener abierta la sesión, introducción de datos erróneos en formularios (p.e: una letra en una fecha), dejar campos vacíos en formularios, intentar crear duplicados, subir imágenes con formatos o tamaños no permitidos, etc. Por otra parte se han realizado acciones que el sistema contempla para comprobar su correcto funcionamiento: iniciar sesión correctamente, crear un usuario, eliminarlo, subir una imagen correcta, crear un punto, eliminarlo, acceder a los registros de ruta, eliminarlos, interactuar con los mapas, etc.

Tras la realización de estas pruebas se han obtenido unos resultados positivos que muestran que la herramienta web cumple con la funcionalidad para la que ha sido desarrollada. Quedando establecida una primera versión estable lista para ser implantada. No obstante, el uso exhaustivo por parte de los educadores reportará mejoras que serán incorporadas a una futura versión.

Entrada	Salida esperada	Correcto
Iniciar sesión sin rellenar algún campo	La aplicación lo indica y no se inicia	Sí
Iniciar sesión con datos erróneos	No permite el inicio	Sí
Iniciar sesión con datos correcto	El educador inicia sesión	Sí
Pulsar botón de salir	La aplicación cierra la sesión y vuelve al index	Sí
Estando la sesión cerrada se escribe a mano una página interna	La aplicación no lo permite y vuelve al index	Sí
Se intenta crear un usuario que ya existe	No se permite	Sí
Se crea un usuario correctamente	Se crea en el sistema	Sí
Se intenta crear un usuario con algún dato vacío	La aplicación lo indica y no lo crea	Sí
Eliminar un usuario	Se elimina de la aplicación	Sí
Se introducen letras en la fecha o números erróneos	La aplicación lo indica y no crea el usuario	Sí
Se intenta editar un usuario con algún dato vacío	La aplicación lo indica y no lo edita	Sí
Se intenta borrar un usuario con los datos de educador erróneos o vacíos	La aplicación lo indica y no lo borra	Sí
Se intenta crear o editar un punto con algún dato vacío	La aplicación lo indica y no lo permite	Sí
Al crear o editar un punto se sube una imagen mayor de 1MB	La aplicación lo indica y no lo permite	Sí
Subir una imagen permitida	La sube y la asocia al punto	Sí
Al crear o editar un punto se sube un archivo que no es imagen	La aplicación lo indica y no crea el punto	Sí
Campo de dirección en los formularios	Al escribir una dirección, esta aparece en el mapa y la vista	Sí
Eliminar un punto	Se borra de la lista y el mapa	Sí
Se crea un punto correctamente	Lo añade al usuario	Sí
Acceder a los registros de un usuario	Se muestra solo la lista de este	Sí
Acceder a un registros concreto	Se muestra un mapa con la ruta recomendada y la real del usuario	Sí
Eliminar un registro	Se elimina de la lista	Sí
Pulsar sobre la localización actual de un usuario conectado	Muestra el nombre de la calle	Sí
Pulsar sobre la localización actual de un usuario desconectado	Muestra solo la posición e indica que está desconectado	Sí
Pulsar sobre puntos del usuario	Se despliega un menú flotante con la información	Sí

Cuadro 5.1: Pruebas de caja negra con la herramienta de autor.

5.2. Herramienta de guiado

En cuanto a la herramienta de guiado, al igual que la de autor, se han realizado pruebas intermedias con el fin de testar los módulos que se han desarrollado. Como prueba final, se ha realizado una ruta la cual se estima de una distancia, duración y dificultad media. Dicha ruta, como se puede observar en la figura 5.1 contiene giros simples, rotondas y un punto intermedio en el que el usuario debe continuar recto.

Las figuras 5.2 y 5.3 ilustran los pasos e instrucciones que se han presentado al usuario en la aplicación móvil.

Inicialmente se selecciona el destino al que se quiere ir, apareciendo acto seguido la primera pantalla de guiado. Esta pantalla muestra una vista desde el punto actual en sentido hacia el que se tiene que iniciar la ruta. Una vez iniciada, y según se va avanzando se rellena la barra de progreso visible por el usuario y al llegar a un porcentaje determinado se lanzan alertas, sonora y de vibración, desbloqueando el botón de siguiente para que el usuario pueda continuar. Por cada punto intermedio se muestran dos instrucciones: una imagen de llegada y una imagen orientada hacia al siguiente destino, junto con la instrucción asociada. En la ruta designada, se realizan giros básicos hasta llegar a la primera rotonda, en la que se muestra al usuario una primera imagen para que la sitúe y reciba al aproximarse una alerta de llegada, pasando a un siguiente paso que le indica la salida a tomar en forma numérica y una imagen orientada hacia dicha salida. Después de cruzar dos rotondas, existe un punto en la ruta en el que no existe giro, pero se avisa al usuario para que continúe recto por un camino cerrado al tráfico en vez de continuar el curso de la carretera. Tras volver a pasar por una rotonda y realizar un giro básico, se llega al destino. En este último paso se muestra la imagen asociada y orientada justo hacia el punto que el educador estableció. Durante todo el recorrido el usuario dispone del botón de ayuda, que también ha sido probado en tres ocasiones durante el transcurso de la misma para comprobar su correcto funcionamiento.

Mediante la realización de la ruta, se ha comprobado que los supuestos de funcionamiento se cumplen: uso de la barra de progreso, uso del botón del pánico, avisos sonoros y de vibración al alcanzar un punto, retroceder y avanzar en los pasos, etc. Además, el guiado ha sido correcto, permitiendo completar la ruta satisfactoriamente. Con lo que, Tras la prueba y la correcta interacción entre cliente y servidor: solicitud de información, botón del pánico, entrega del registro y localización en tiempo real, se da la prueba como satisfactoria.

Esto permite establecer una primera versión estable y lista para ser probada con usuarios finales, con el fin de obtener posibles mejoras y comprobar si cumple con las expectativas deseadas, así como obtener el estudio para la que ha sido diseñada.

Adicionalmente en el anexo A se encuentra el *log* en texto plano que genera el uso de la herramienta.

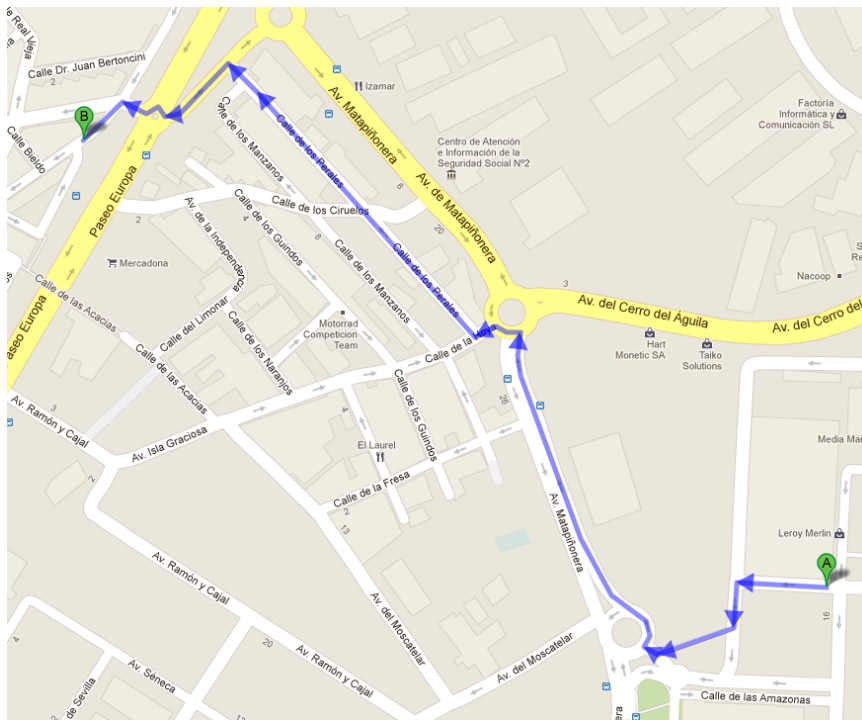


Figura 5.1: Ruta de prueba

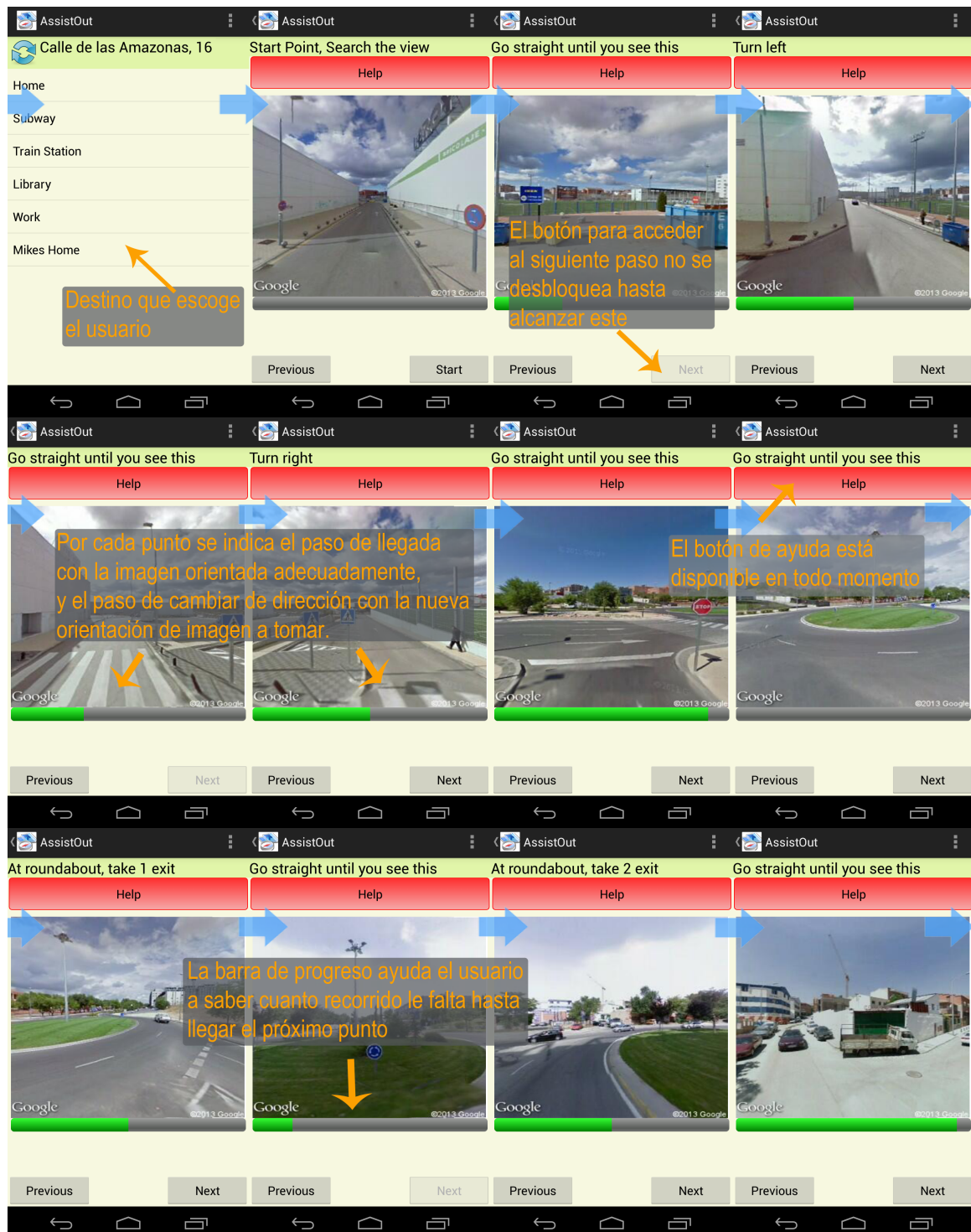


Figura 5.2: Pasos intermedios de la prueba con la herramienta móvil de guiado. 1/2



Figura 5.3: Pasos intermedios de la prueba con la herramienta móvil de guiado. 2/2

6 | Conclusiones

AssisT-Out tiene como parte de sus objetivos principales facilitar el aprendizaje de rutas en exteriores e impulsar la independencia de las personas con discapacidad cognitiva. Para ello se presenta un sistema de ayuda a la realización de rutas en exteriores para personas en esta situación.

Este sistema hace uso de terminales móviles inteligentes para, a través de pasos y una interfaz adaptada, guiar al usuario hasta completar el desplazamiento. Además, se proporciona una herramienta de autor que facilita a los educadores la tarea de gestionar a los usuarios a su cargo, así como de recoger información sobre sus desplazamientos.

Siendo conscientes de todas las variables externas de las que depende la realización de un recorrido en un entorno no controlado, se han utilizado aquellas que obran en favor de la realización de la ruta. Estableciendo imágenes reales a pie de calle en cada punto intermedio a alcanzar por el usuario obtenidas de *StreetView*.

Además, debido a las limitaciones que pueda presentar el usuario, se ha diseñado una interfaz clara y sencilla, permitiendo la personalización de ciertos aspectos para servir siempre de ayuda y no de estorbo o distracción, así como estableciendo una lista cerrada de puntos de interés que son configurados remotamente por el educador. Esta interfaz incluye una barra de progreso ya que es de mucha utilidad para una persona con discapacidad cognitiva saber el porcentaje de realización de una tarea en el que se encuentra.

La tarea de realizar rutas debe ser supervisada en todo momento por los educadores. Aquí es donde la herramienta de autor proporciona una plataforma interactiva para hacer un seguimiento de los usuarios teniendo su localización en tiempo real, permitiendo configurar sus puntos de interés y mostrando un histórico de las rutas realizadas por los estos. Adicionalmente, en la herramienta móvil, el usuario cuenta con un botón de ayuda denominado “Botón del Pánico”, que envía una alerta a su educador, indicándole que necesita ayuda.

Habiendo estudiado las ventajas que presenta la herramienta de guiado aquí presentada frente a sistemas convencionales, se han utilizado dos de estos sistemas, *Google Maps* y *Bing Maps*, para el motor de guiado, ya que la robustez de estos le proporciona una fiabilidad elevada a la herramienta.

Los servicios con los que interactúa el dispositivo móvil están alojados en la nube en un servidor propio, respondiendo a las peticiones que este realiza. Este servidor se encarga de obtener las rutas de los motores indicados y preprocesarlas para desechar información no relevante y simplificar la información que será enviada al terminal. A través de estos servicios también se recibe información como son los registros o la localización en tiempo real.

El mercado de la telefonía móvil esté en auge, además de haber dado un salto tecnológico notorio en los últimos años. Por ello se ha diseñado la herramienta de guiado en la plataforma Android. Cualquiera de estos smartphones proporcionan la tecnología de localización geográfica GPS, por lo que se ha hecho uso de ella para la ubicación en las rutas.

Este trabajo queda como previo a una evaluación con usuarios finales, con el fin de sacar unas conclusiones que den pie a estudiar la viabilidad real que tendrían este tipo de herramientas, así como qué aspectos son los más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñarlas.

7 | Trabajo Futuro

Se proponen para una futura versión 2 de *AssisT-Out*, la mejora y el estudio de ciertos aspectos, con el fin de ampliar la utilidad de la herramienta.

Evaluación con usuarios: con el fin no solo de poner en práctica la herramienta, sino de continuar con la realización de un estudio sólido en el campo, el siguiente punto a realizar es el de hacer evaluaciones con usuarios finales. Aunque en trabajos previos y paralelos del laboratorio se han realizado auditorías con entidades especializadas en discapacidad intelectual, con el fin de elaborar una herramienta útil y enfocada al colectivo, sin ninguna duda la evaluación de la misma con usuarios permitiría una mayor mejora y adaptabilidad de la aplicación.

Aprendizaje del sistema: en la aplicación se guardan experiencias previas de los usuarios con el fin de que estas sean analizadas por los educadores. Una línea interesante en el proyecto es la de desarrollar un sistema de aprendizaje automático para que, a través de estas experiencias previas, se pueda adaptar la configuración del usuario de forma automática o el sistema sea capaz de detectar puntos débiles y fuertes de cada usuario con el fin de ampliar la ayuda a los educadores.

Mejora del botón del pánico: el botón del pánico avisa mediante un email, en caso de alerta, al educador con la posición y petición de ayuda del usuario. Se puede ampliar esta funcionalidad, permitiendo por ejemplo: establecer una comunicación por voz o vídeo o permitiendo la personalización del botón para llevar a cabo diferentes acciones acordes al usuario y que establezca el educador.

Acciones automáticas en caso de pérdida: puede ocurrir en otros casos, que aunque el usuario se pierda en la ruta, este sea capaz de abordar la situación recibiendo las instrucciones apropiadas. Se propone estudiar y desarrollar un mecanismo que detecte que el usuario está realizando erróneamente la ruta y tome medidas al respecto tales como: avisar al usuario para que vuelva atrás, indicarle que se va a volver a recalcular la ruta desde el punto en el que se encuentra o similares.

Mejora de las instrucciones: se propone estudiar las ventajas que ofrecerían al usuario instrucciones o señalizaciones complementarias en el guiado, para en caso de

viabilidad añadirlas. Según la documentación leída y aportada en el *Estado del Arte* 3 y a trabajos previos del laboratorio [6], es interesante estudiar la posibilidad de añadir instrucciones sonoras y señalización con flechas o similares, en la realización de cada paso.

Imágenes StreetView: uno de los problemas de depender de las imágenes a pie de calle de *StreetView*, es que al tratarse de un entorno tan amplio, existen zonas donde las imágenes no están actualizadas o simplemente no existen. Este problema queda pendiente de solventar, con lo que quizá podría ser un módulo que detecte este tipo de problemas y actúe en consecuencia de ello.

Bibliografía

- [1] Ricardo Anacleto, Lino Figueiredo, Paulo Novais, and Ana Almeida. Providing location everywhere. In *Progress in Artificial Intelligence*, pages 15–28. Springer, 2011.
- [2] Javier Pérez Ávilas. Sistema de navegación adaptado a personas con discapacidad intelectual sobre dispositivos móviles. Master’s thesis, EPS - Universidad Autónoma de Madrid, 2012.
- [3] S. Carmien, R. DePaula, A. Gorman, and A. Kintsch. Increasing workplace independence for people with cognitive disabilities by leveraging distributed cognition among caregivers and clients. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 13(5):443–470, 2004.
- [4] S.P. Carmien. Socio-technical environments and assistive technology abandonment. 2010.
- [5] S. Fickas, M.K. Sohlberg, and P.F. Hung. Route-following assistance for travelers with cognitive impairments: A comparison of four prompt modes. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(12):876–888, 2008.
- [6] Javier Gómez, Germán Montoro, Pablo A Haya, Xavier Alamán, Susana Alves, and Mónica Martínez. Adaptive manuals as assistive technology to support and train people with acquired brain injury in their daily life activities. *Personal and Ubiquitous Computing*, pages 1–10, 2012.
- [7] E. Hidalgo, L. Castillo, R. Madrid, Ó. García-Pérez, M. Cabello, and J. Fdez-Olivares. Athena: Smart process management for daily activity planning for cognitive impairment. *Ambient Assisted Living*, pages 65–72, 2011.
- [8] Rik Lemoncello, McKay Moore Sohlberg, and Stephen Fickas. How best to orient travellers with acquired brain injury: A comparison of three directional prompts. *Brain Injury*, 24(3):541–549, 2010.
- [9] A.L. Liu, H. Hile, G. Borriello, P.A. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson. Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment. In *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 27–34. ACM, 2009.

- [10] D.R. Montello and C. Sas. Human factors of wayfinding in navigation. 2006.
- [11] Kai-Florian Richter, Drew Dara-Abrams, and Martin Raubal. Navigating and learning with location based services: A user-centric design. In *Proc. 7th International Symposium on LBS & TeleCartography*, pages 261–276, 2010.
- [12] Kai-Florian Richter and Matt Duckham. Simplest instructions: Finding easy-to-describe routes for navigation. *Geographic Information Science*, pages 274–289, 2008.
- [13] Jaime Sánchez and Natalia de la Torre. Autonomous navigation through the city for the blind. In *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ASSETS '10, pages 195–202, 2010.
- [14] M.J. Scherer and R. Glueckauf. Assessing the benefits of assistive technologies for activities and participation. *Rehabilitation Psychology*, 50(2):132, 2005.
- [15] Laura Vanina Stefanini. El retardo mental. *Cap. Bermudez 2804 - Olivos c/p 1636*, 2004.

A | Log generado en el caso de prueba

A continuación se muestra parte del log que ha recibido el servidor en la realización de la ruta del caso de prueba. Este log será guardado en un fichero de texto plano y a su vez procesado y añadido a la base de datos. El log está estructurado de la siguiente forma, donde las líneas con doble barra son comentarios que se ignoran al procesarlo:

- Nombre de usuario.
- Coordenadas del origen.
- Coordenadas del destino.
- Fecha y hora de inicio de la ruta.
- Inicio en milisegundos según la nomenclatura de java.
- Pasos recomendados por la herramienta: *e*, coordenada del paso.
- Ruta seguida por el usuario: *r*, coordenada del usuario en ese momento, instante de tiempo en milisegundos, precisión del GPS.

```
Jon
//origin
40.54422,-3.6143640000000232
//destination
40.547774,-3.6225699999999996
//start time yyyy/MM/dd/HH:mm:ss
2013/05/20/11:55:25
1369043725211
//established route
//e,lat,lng
e,40.54422,-3.61436
e,40.54426,-3.61523
e,40.54426,-3.61523
e,40.54388,-3.61527
e,40.54388,-3.61527
e,40.54366,-3.61609
e,40.54366,-3.61609
```

```

e,40.54373,-3.61624
e,40.54373,-3.61624
e,40.54632,-3.61759
e,40.54632,-3.61759
e,40.54628,-3.61807
e,40.54628,-3.61807
e,40.54829,-3.62046
e,40.54829,-3.62046
e,40.54853,-3.62076
e,40.54853,-3.62076
e,40.54809,-3.62144
e,40.54809,-3.62144
e,40.54822,-3.62191
e,40.54822,-3.62191
//route the person do
//r,lat,lng,timeMlls,acuracy
//p,lat,lng,timeMlls *pannicButton
r,40.54422,-3.6143640000000232,1369043726923,16.0
r,40.54422,-3.6143640000000232,1369043728946,16.0
r,40.54422,-3.6143640000000232,1369043730988,16.0
r,40.54422,-3.6143640000000232,1369043733030,16.0
r,40.54422,-3.6143640000000232,1369043735072,16.0
r,40.544225,-3.6144859999999426,1369043737211,16.0
r,40.544235,-3.614738999999986,1369043739232,16.0
r,40.54424,-3.6148560000000316,1369043741286,16.0
r,40.54424,-3.6148560000000316,1369043743316,16.0
r,40.544249,-3.615079000000037,1369043745410,16.0
r,40.544255,-3.6152339999999867,1369043747439,16.0
r,40.544255,-3.6152339999999867,1369043749479,16.0
r,40.544255,-3.6152339999999867,1369043751645,16.0
r,40.544255,-3.6152339999999867,1369043754268,16.0
r,40.544255,-3.6152339999999867,1369043756175,16.0
p,40.544144,-3.615246000000007,1369043758375
r,40.544144,-3.615246000000007,1369043760580,16.0
r,40.544144,-3.615246000000007,1369043762624,16.0
r,40.543946,-3.6152610000000323,1369043764766,16.0
r,40.543946,-3.6152610000000323,1369043766788,16.0
r,40.543946,-3.6152610000000323,1369043768942,16.0
r,40.543946,-3.6152610000000323,1369043771029,16.0
r,40.543946,-3.6152610000000323,1369043773140,16.0
r,40.543849,-3.6152680000000146,1369043775173,16.0
r,40.543831,-3.615434000000005,1369043777280,16.0
r,40.543802,-3.6155449999999973,1369043779346,16.0
r,40.543802,-3.6155449999999973,1369043781515,16.0
r,40.543772,-3.6156570000000556,1369043783627,16.0
r,40.543706,-3.6159030000000003,1369043785774,16.0
p,40.543677,-3.616013999999995,1369043788202
r,40.543677,-3.616013999999995,1369043790260,16.0

```

r,40.543677,-3.61601399999995,1369043792298,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043794336,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043796386,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043798531,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043800604,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043802655,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043804792,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043806803,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043808846,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043811128,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043813162,16.0
r,40.543677,-3.61601399999995,1369043815190,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043817234,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043819258,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043821292,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043823326,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043825339,16.0
r,40.543697,-3.616280999999958,1369043830342,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043830373,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043832386,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043834489,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043836537,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043838563,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043841219,16.0
p,40.544063,-3.61678200000000575,1369043843231
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043845268,16.0
r,40.544063,-3.61678200000000575,1369043847315,16.0
r,40.54417,-3.61683500000000373,1369043849353,16.0
r,40.544258,-3.61687800000000424,1369043851911,16.0
r,40.544349,-3.6169219999999314,1369043853959,16.0
r,40.544532,-3.61701100000000477,1369043856006,16.0
r,40.544532,-3.61701100000000477,1369043858054,16.0
r,40.544623,-3.6170549999999366,1369043860125,16.0
r,40.544712,-3.6170970000000058,1369043862166,16.0
r,40.544802,-3.617140999999947,1369043864478,16.0
r,40.544876,-3.6171769999999697,1369043866678,16.0
r,40.544929,-3.61720200000000202,1369043868747,16.0
r,40.544987,-3.617230999999947,1369043870793,16.0
r,40.545047,-3.6172599999999875,1369043872837,16.0
r,40.545204,-3.6173360000000023,1369043874867,16.0
r,40.545204,-3.6173360000000023,1369043876966,16.0
r,40.54525,-3.61735699999997,1369043879052,16.0
r,40.54525,-3.61735699999997,1369043881112,16.0
r,40.545368,-3.617414999999937,1369043884401,16.0

[.. cont ..]